



TRABAJO FIN DE GRADO:

**MONITORIZACIÓN DEL CONDUCTOR BASADO EN  
DISPOSITIVO ANDROID**

Autor:

Ángel Luis Renedo Salcedo

GRADO EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Tutor:

Juan Carmona Fernández

Septiembre 2015





## AGRADECIMIENTOS

*Gracias a mis padres y a mi hermana por todo su apoyo y paciencia, especialmente aquellas tardes en las que sin quejarse, me han servido como modelos para probar con ellos los progresos de la aplicación.*

*A toda mi familia y amigos, que en los malos momentos me apoyaron y me hicieron continuar con más fuerza.*

*También agradecer la confianza depositada en mí por parte de Juan y Fernando, mis tutores de proyecto, que pese a no pertenecer a su especialidad, confiaron en mí para realizar este trabajo.*



## RESUMEN

En los últimos años, se ha producido un gran desarrollo en la tecnología móvil. La tecnología es la rama que se encarga de la invención de herramientas y técnicas con un fin práctico.

Desde el origen de los primeros teléfonos, en 1876 a manos de Antonio Meucci, el ser humano ha mostrado un gran interés por este medio de comunicación, con el fin de permitir acercar a las personas y conseguir un mundo más global.

En 1994 fue lanzado por IBM el que a día de hoy, es considerado como el primer Smartphone lanzado al mercado. Comparado con los Smartphone de hoy en día, era algo muy rudimentario, pero fue el inicio.

En la actualidad, se puede encontrar en el mercado, teléfonos móviles que ya no solo desempeñan la función de teléfono, sino que han llegado a ser complementados con cámaras que permiten grabar en 1080p HD a 60 f/s, microprocesadores cercanos a los que usan los ordenadores, conexión a red con una velocidad de descarga de 4G y unas pantallas táctiles que permiten una gran manejabilidad.

Por todo ello, la inteligencia artificial ha encontrado en el desarrollo de aplicaciones para los Smartphone, un gran aliado para poder ayudar a las personas a realizar determinadas tareas. La ventaja que ofrecen los teléfonos móviles en este ámbito, es que las personas han convertido al teléfono móvil en un compañero al que llevar a todas partes en el bolsillo, por tanto, cualquier proyecto capaz de amoldarse a un teléfono móvil, consta de una ventaja añadida, aporta más comodidad a los usuarios ya que pueden disponer de sus servicios en cualquier momento y sin necesidad de llevar consigo algún dispositivo adicional.

En este proyecto, se trata la visión por computador obtenida a través de un Smartphone, con ella se busca ayudar a un futuro conductor a tener una conducción más segura, tanto para él, como para otros conductores que circulen en la carretera.

La visión por computador, es un campo que se está desarrollando mucho en los últimos años, de hecho, muchas marcas de automóviles ya integran en sus vehículos sistemas de ayuda a través de la visión por computador que obtienen de cámaras traseras o delanteras.

En este proyecto se busca desarrollar una aplicación Android capaz de detectar distracciones y signos de somnolencia en el conductor y notificarle de ello para



que pueda tomar las medidas pertinentes, reduciendo con ello el riesgo de futuros accidentes.

Este proyecto complementa a proyectos anteriores que desarrollaron una aplicación Android enfocada a la seguridad vial. Cada alumno, mediante las librerías OpenCV, desarrolla una nueva aplicación y la integra en la aplicación base. Esta aplicación tiene como finalidad complementar el coche inteligente que se está desarrollando en la Universidad Carlos III de Madrid.

Ángel Luis Renedo Salcedo

Monitorización del Conductor Basado en Dispositivos Android

Grado en Tecnologías Industriales – UC3M





# ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>IV</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.1 DISTRACCIÓN .....	14
1.2 SOMNOLENCIA .....	17
<b>2. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>18</b>
2.1 ANDROID .....	18
2.2 OPENCV .....	20
2.3 SISTESTEMAS DE ASISTENCIA AL CONDUCTOR.....	21
2.3.1 SISTEMA ANTIBLOQUEO DE FRENOS (ABS).....	22
2.3.2 CONTROL DE TRACCIÓN (TCS, ASR...).....	22
2.3.3 CONTROL DE ESTABILIDAD (ESP, VDC, DSC, ESC, VSC).....	23
2.3.4 REPARTO ELECTRÓNICO DE LA FRENADA (EBV, EBD) .....	23
2.4 SISTEMAS DE AYUDA A LA CONDUCCIÓN (ADAS).....	24
2.4.1 BLIND SPOT INFORMATION SYSTEM .....	24
2.4.2 COPILOTO ARTIFICIAL .....	25
2.4.3 DETECCIÓN DE PEATONES CON ASISTENTE DE FRENADA .....	27
2.4.4 DETECCIÓN DE CICLISTAS CON FRENADA AUTOMÁTICA .....	28
2.4.5 DETECTOR DE FATIGA .....	29
2.4.6 VISIÓN NOCTURNA .....	30
2.4.7 COCHE DE GOOGLE .....	31
2.5 APLICACIONES ENFOCADAS A LA CONDUCCIÓN .....	33
2.5.1 WAZE .....	33
2.5.2 AXA DRIVE .....	34
2.5.3 IOnRoad .....	34
2.5.4 iCarBlackBox .....	36
2.5.5 TORQUE .....	36
<b>3 HARDWARE .....</b>	<b>38</b>
<b>4 SOFTWARE .....</b>	<b>39</b>
4.1 ECLIPSE .....	39
4.2 ANDROID ADT .....	40



4.3	OPENCV .....	40
4.4	CLASIFICADOR HAAR-CASCADE .....	41
4.5	HOUGH .....	43
4.6	APLICACIÓN BASE .....	46
4.7	APLICACIÓN PROPIA: MONITORIZACIÓN DEL CONDUCTOR .....	49
4.7.1	BÚSQUEDA DE CARAS .....	50
4.7.2	FALSOS POSITIVOS .....	52
4.7.3	DETECCIÓN DE OJOS .....	53
4.7.4	LIMITACIÓN DE LOS CLASIFICADORES HAAR CASCADE EYES .....	54
4.7.5	DIFERENCIAR OJOS ABIERTOS Y OJOS CERRADOS .....	55
4.7.6	EN BASE AL COLOR .....	56
4.7.7	INCONVENIENTES EN BASE AL COLOR .....	56
4.7.8	EN BASE A LOS CÍRCULOS DEL OJO .....	58
4.7.9	PROBLEMA EN LA DETECCIÓN DE CÍRCULOS .....	59
4.7.10	SOLUCIÓN AL PROBLEMA EN LA DETECCIÓN DE CÍRCULOS .....	59
<b>5</b>	<b>RESULTADOS Y TEST .....</b>	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>TRABAJOS FUTUROS .....</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>65</b>
7.1	COSTE PERSONAL .....	65
7.1.1	COSTE FORMATIVO .....	65
7.1.2	COSTE DE DESARROLLO .....	65
7.2	COSTE DEL HARDWARE .....	66
7.3	COSTE DEL SOFTWARE .....	66
7.4	RESUMEN DE COSTES .....	67
<b>8</b>	<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>68</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>69</b>
	<b>ANEXO .....</b>	<b>73</b>





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Distancia Recorrida 1.....	15
Ilustración 2 - Distancia Recorrida 2.....	15
Ilustración 3 - Logo Android. ....	18
Ilustración 4 - Arquitectura de Android. ....	19
Ilustración 5 - Logo OpenCV.....	21
Ilustración 6 - Uso del ABS. ....	22
Ilustración 7 - Trayectoria con Control de Estabilidad. ....	23
Ilustración 8 - Detección en ángulo muerto. ....	25
Ilustración 9 - Seguimiento de la mirada.....	26
Ilustración 10 - Luces de alerta. ....	26
Ilustración 11 - Detección de Peatones. ....	27
Ilustración 12 - Detección de ciclistas. ....	28
Ilustración 13 - Sensores de fatiga en el volante.....	29
Ilustración 14 - Monitorización facial para fatiga. ....	30
Ilustración 15 - Sistema de visión nocturna.....	31
Ilustración 16 - Descripción del coche de Google. ....	32
Ilustración 17 - Aplicación Waze. ....	34
Ilustración 18 - Aplicación IonRoad. ....	35
Ilustración 19 - Aplicación iCarBlackBox. ....	36
Ilustración 20 - Aplicación Torque.....	37
Ilustración 21 - Logo Eclipse.....	40
Ilustración 22 - Aplicación OpenCV Manager. ....	41
Ilustración 23 - Cálculos Haar.....	42
Ilustración 24 - Análisis Haar de una imagen.....	43
Ilustración 25 - Detección de circunferencias con Hough. ....	45
Ilustración 26 - Menú inicial de BASEL LSI. ....	46
Ilustración 27 - Desarrolladores BASEL LSI. ....	47
Ilustración 28 - Menú Ejemplos. ....	47
Ilustración 29 - Menú Aplicaciones LSI. ....	48
Ilustración 30 - Detector de cara. ....	50
Ilustración 31 - Cara de perfil sin detección. ....	51
Ilustración 32 - Falso positivo detección de cara.....	52
Ilustración 33 - Falso positivo con positivo. ....	53
Ilustración 34 - Detección de cara y ojos. ....	54
Ilustración 35 - Detección de ojos con ojos cerrados. ....	55
Ilustración 36 - Aplicación en escala de grises con ojos abiertos.....	57
Ilustración 37 - Aplicación en escala de grises con ojos cerrados. ....	58



Ilustración 38 - Detección de ojos abiertos.....	60
Ilustración 39 - Detección de boca.....	64
Ilustración 40 - Instalación ADT. ....	74



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Víctimas de Tráfico en España. ....	13
Tabla 2 - Ventas de Smartphone en España. ....	20
Tabla 3 - Diagrama de flujo HoughCircles. ....	45
Tabla 4 - Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación. ....	49
Tabla 5 - Test de distracciones. ....	61
Tabla 6 - Test de somnolencia 1. ....	61
Tabla 7 - Test de somnolencia 2. ....	62
Tabla 8 - Test de somnolencia 3. ....	62
Tabla 9 - Coste formativo. ....	65
Tabla 10 - Coste de desarrollo. ....	66
Tabla 11 - Coste de hardware. ....	66
Tabla 12 - Resumen de costes. ....	67



## 1.INTRODUCCIÓN

Cada año mueren o resultan heridas millones de personas en las carreteras por culpa de accidentes de tráfico, accidentes que en gran medida podrían haber sido evitados. A continuación se muestra un gráfico de la evolución de las muertes en accidentes de tráfico en las carreteras españolas desde 1960 hasta el 2015 [1]:

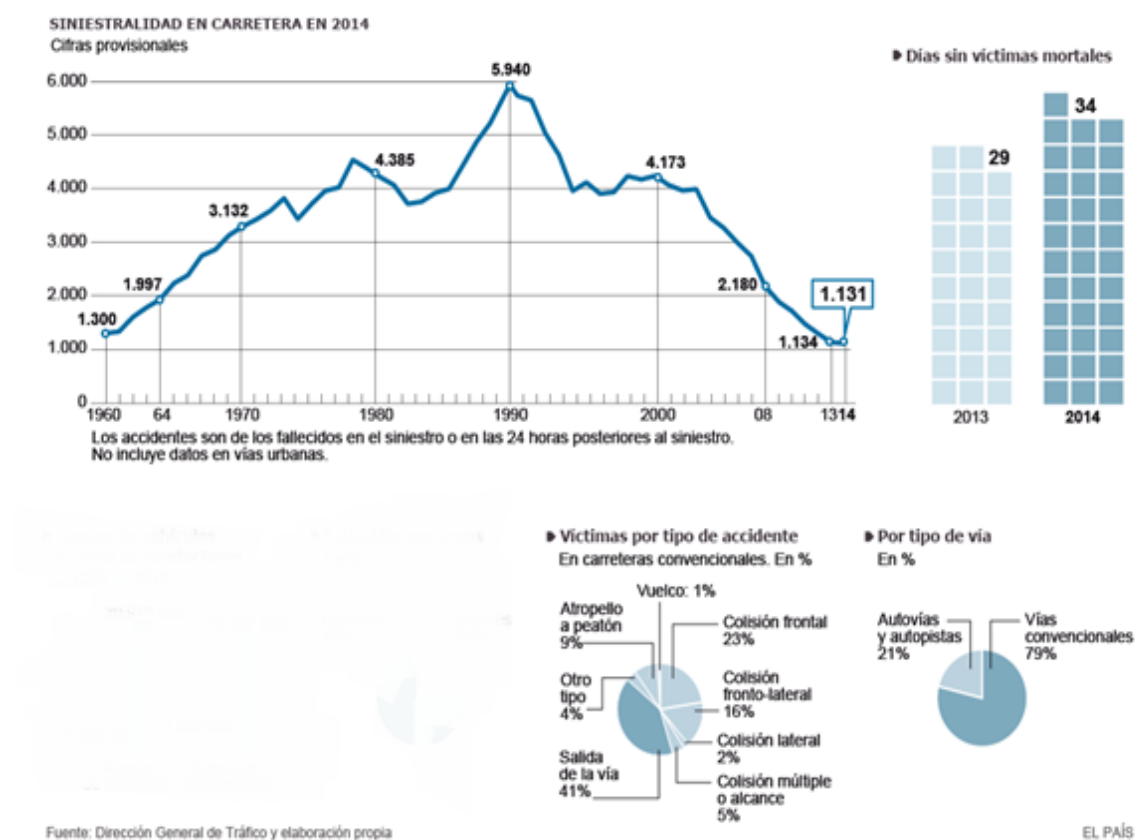


Tabla 1 - Víctimas de Tráfico en España.

Debido a la mejora de los vehículos, el estado de las carreteras, la concienciación de las personas con este tema y al endurecimiento de la legislación, el número de fallecidos desde el año 2000 hasta ahora se está reduciendo cada año. Pero aun así el año pasado hubo 1131 muertos, cifra que hay que seguir reduciendo hasta que llegue a ser prácticamente 0. La inteligencia artificial se está integrando poco a poco en los coches con este propósito.



Es por ello que en el Laboratorio de Sistemas Inteligentes, LSI, de la Universidad Carlos III de Madrid, se están desarrollando diferentes aplicaciones basadas principalmente en visión por computador, con la idea de integrarla en la conducción para ofrecerle más información al conductor.

La aportación de este proyecto, se centra en evitar accidentes debidos a las distracciones y a la somnolencia, avisando mediante una señal acústica, en el caso de que el conductor se vea afectado por alguna una de las causas de riesgo mencionadas, para que pueda tomar las medidas necesarias.

A continuación habrá que analizar que son estos dos factores de riesgo, como se producen, que riesgos conllevan y en cuantos accidentes se ven implicados.

## 1.1 DISTRACCIÓN

En base a la RAE, la idea de distracción en la conducción sirve para referirse a la acción y efecto de distraer, siendo definido el acto de distraer como apartar la atención de alguien del objeto a que la aplicaba o a que debía aplicarla.

Este concepto cuando se introduce en la conducción es muy peligroso y más cuando el conductor no le da la importancia que se debe, ya que con la experiencia los conductores tienden a tener una atención selectiva fijándose únicamente en los elementos primordiales y aumentando la confianza, lo que puede llevar a distraer la atención de la carretera momentáneamente sin ser conscientes de ellos.

Según la DGT (Dirección General de Tráfico), las distracciones están presentes en un 38% de los accidentes mortales. Dicho porcentaje se ve incrementado en un 44% en los casos de vías interurbanas, mientras que en las vías urbanas aparece en un 33% de los casos.

Viajando a una velocidad media de 100 km/h, una distracción de un segundo nos supondría recorrer a ciegas una distancia de 27.77 metros, una distracción de dos segundos supondría una distancia de 55.55 metros a ciegas, lo cual es superior a la distancia de seguridad recomendada en carretera (50m), distancia que por desgracia no suelen respetar todos los conductores. Además de esto, hay que incluir la distancia de reacción, aquella que se recorre desde que el conductor ve un obstáculo hasta que frena, y la distancia de frenado, que es la distancia recorrida desde que el conductor acciona el freno hasta que el coche queda totalmente detenido [2].

Las siguientes imágenes pueden ayudar a tener una idea más gráfica de una distracción de 2 segundos:

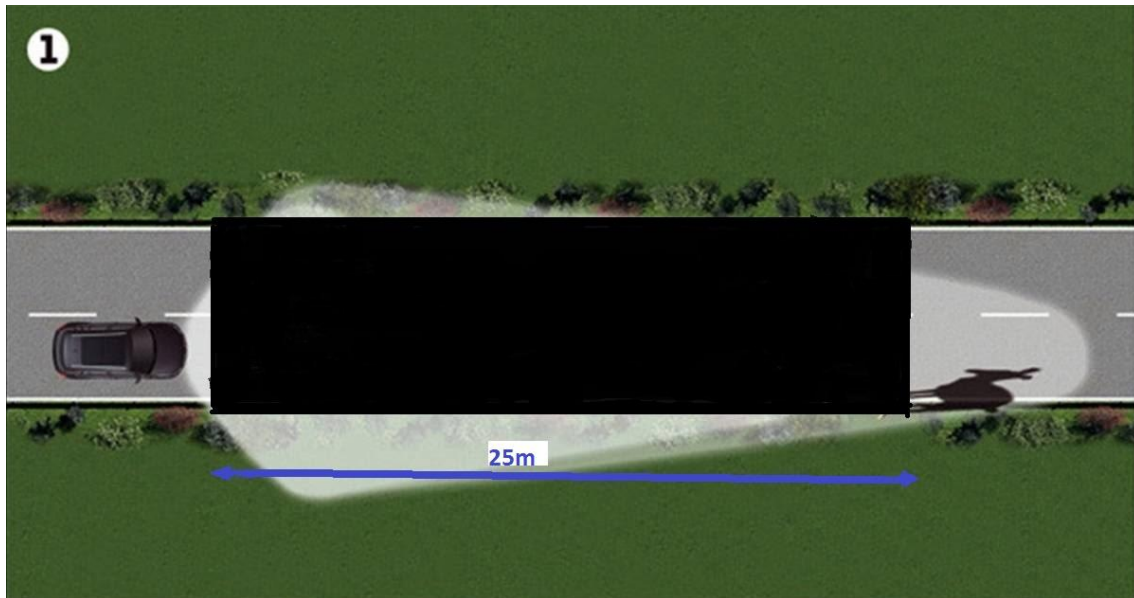


Ilustración 1 - Distancia Recorrida 1.

Este conductor recorrería todo el área negro sin tener conocimiento de lo que puede pasar en este trayecto o en los alrededores.

En la segunda imagen se ve que es lo que ha dejado de ver el conductor por distraerse un periodo de tiempo aproximadamente igual a dos segundos:



Ilustración 2 - Distancia Recorrida 2.



Como se puede observar con las dos imágenes el conductor no será consciente de todo aquello que ocurra en la región iluminada por las luces de cruce, que de noche es toda la visión disponible, así una distracción superior a dos segundos es equivalente a ir con una venda en los ojos, acto que a cualquier conductor le parecería algo totalmente descabellado.

Sin embargo, hay muchas distracciones con las que la sociedad está familiarizada y no se las dan tanta importancia teniendo el mismo efecto sobre la visión de los conductores en la carretera. La más peligrosa y frecuente, sobretodo en gente joven, es realizar una llamada, ya que en un teléfono normal, marcar un número de teléfono o buscarlo en la agenda suele requerir un tiempo de entre 5 a 10 segundos, lo que implica dos o tres lapsos de tiempo en los que la posibilidad de tener un accidente aumentan.

Otras como poner un CD, encender un cigarrillo, buscar algo en la guantera o ponerse el cinturón en marcha, son distracciones importantes en la conducción y sobre las que no se hace hincapié. Esto se debe a que de tanto ver a las generaciones pasadas hacerlo con total naturalidad, no se las considera unas situaciones peligrosas [3].

En estos casos el foco de las distracciones era el propio conductor, pero no hay que olvidar que hay distracciones que no son ocasionadas por el conductor, pero son sufridas en igual medida y pueden ser causas de accidentes. En este contexto cabe reseñar dos casos:

- **Agentes externos:** pueden ser debidos por una infinidad de causas, desde contemplar un paisaje o mirar un cartel luminoso, hasta preocuparse por un accidente o altercado ajeno. Aquí entra en juego la personalidad de cada persona, las personas extrovertidas se suelen distraer con mayor facilidad pero depende de muchos factores propios de cada momento.
- **Acompañantes:** el objetivo de los acompañantes nunca es el de distraer al conductor, pero sin darse cuenta de ello pueden ser el motivo de una distracción, de hecho son la causa del 85% de las distracciones según informa un reciente estudio de BP, Castrol y RACE en el que los principales motivos son: ir hablando con el copiloto (60%), atender a los niños (12%), mirar a los acompañantes (10%) , insultos hacia la manera de conducir de el conductor (6,64%), los movimientos de los niños en la parte trasera (6,53%), cambiar de música (6,35%) y mantener una discusión (4%). La más grave de todas ellas es mantener una discusión [4].





## 1.2 SOMNOLENCIA

Nuevamente, volviendo a recurrir a la RAE, se obtienen las siguientes definiciones de somnolencia: pesadez y torpeza de los sentidos motivada por el sueño, gana de dormir, pereza o falta de actividad.

La somnolencia es una de las principales causas de accidentes, comparable con la ingestión de alcohol o drogas, pero a diferencia de estas u otros factores de riesgo al volante, la somnolencia no permite realizar ningún tipo de reacción para evitar el accidente, de hecho, al dormirse el conductor puede llegar a dejar caer el peso del pie del acelerador y aumentar continuamente la velocidad del vehículo hasta el momento de la colisión. Por ello, la mayoría de los accidentes ocurridos por la somnolencia del piloto suelen ser mortales. Se ha calculado que la somnolencia es un factor que ha aparecido en entre el 15 y el 30 por ciento de los accidentes de tráfico en España.

Entre los más típicos accidentes ocasionados por la somnolencia se encuentran: salidas de las vías, choques traseros, invasiones de carriles tanto del mismo sentido como de sentido contrario... [5]

Los españoles están acostumbrados a acostarse tarde y levantarse pronto, por eso recorrer largos trayectos en el coche por la mañana, después de comer o por la noche, les hace ser más propensos a la somnolencia ya que están más fatigados por la falta de sueño, que es la causa principal de la somnolencia, también los efectos del alcohol, las drogas, las enfermedades y conducir con una velocidad excesiva provocan grandes fatigas en el conductor.

Pero estas no son las únicas causas de la somnolencia, las condiciones de la vía también pueden generar fatiga, así una carretera en mal estado, con mucho tráfico o con unas condiciones meteorológicas adversas incrementan la fatiga del conductor pues le obligan a aumentar la concentración y atención. Dentro del vehículo, factores como: una elevada temperatura, una iluminación insuficiente, un asiento incómodo o un coche en mal estado, propician una mayor somnolencia [6].

## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1 ANDROID

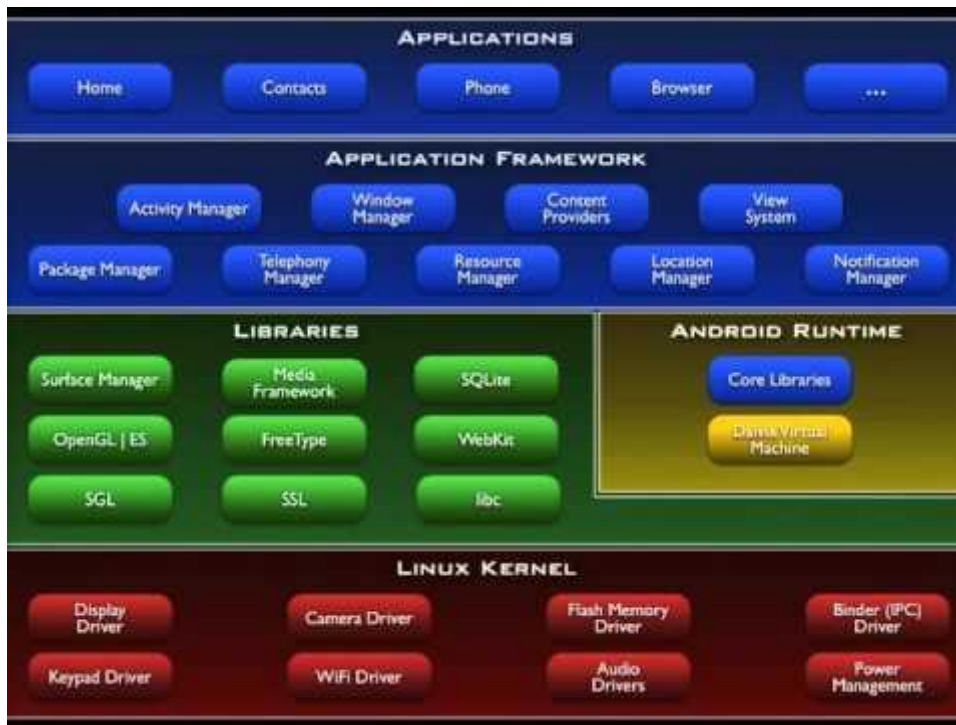
Android es un sistema operativo basado en el kernel de Linux. Fue diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantallas táctiles, como teléfonos inteligentes o tablets; continuó progresando y se expandió su desarrollo para soportar otros dispositivos tales como reproductores MP3, netbook, PC, televisores, lectores de ebook, relojes inteligentes e incluso se ha llegado a ver en el CES (International Consumer Electronics Show), microondas y lavadoras [7].



**Ilustración 3 - Logo Android.**

Lo que lo hace diferente, es que al estar basado en Linux, ofrece un núcleo de sistema operativo libre, gratuito y multiplataforma.

El sistema permite programar aplicaciones en una variación de Java llamada Dalvik, facilitando la programación al tratarse de un lenguaje muy conocido. El sistema operativo proporciona todas las interfaces necesarias para desarrollar aplicaciones que accedan a las funciones de teléfono.



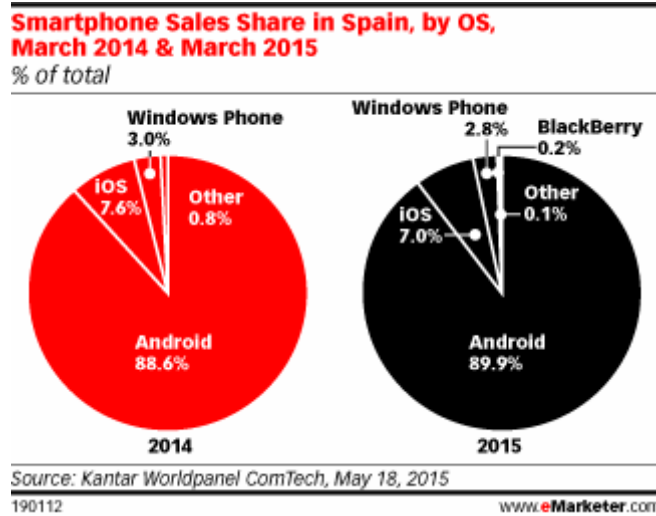
**Ilustración 4 - Arquitectura de Android.**

En julio de 2005 Google adquirió Android Inc., en aquel entonces únicamente era una pequeña compañía de Palo Alto, California. Pero esto fue el paso que permitió a Google, entrar en el mercado de los teléfonos móviles.

El 5 de noviembre de 2007 la Open Handset Alliance, un consorcio de varias compañías entre las que están Texas Instruments, Broadcom Corporation, Nvidia, Qualcomm, Samsung Electronics, Sprint Nextel, Intel, LG, Marvell Technology Group, Motorola, y T-Mobile; se estrenó con el fin de desarrollar estándares abiertos para dispositivos móviles. Junto con la formación de la Open Handset Alliance, la OHA presentó su primer producto Android, una plataforma para dispositivos móviles construidos en la versión 2.6 del kernel de Linux [8].

Desde entonces se han ido liberando una gran cantidad de actualizaciones y nuevas versiones hasta llegar a la Android 5.1.1 o Android Lollipop, que ha fecha de hoy es la última actualización.

En el siguiente gráfico se ve que impacto de ventas ha tenido Android en España en los dos últimos años, y se compara con el resto de sistemas operativos de smathphones en España.



**Tabla 2 - Ventas de Smartphone en España.**

En el gráfico se observa claramente que estos dos últimos años el sistema operativo dominante en España es Android, que además ha aumentado su volumen de ventas en el último año llegando al 89.9% del mercado español. El segundo sistema operativo en España es iOS, que ha descendido hasta el 7%, muy lejos de las cifras de Android que se posiciona como el sistema más vendido en España con una amplia diferencia.

## 2.2 OPENCV

OpenCV es una biblioteca libre de visión por computador originalmente desarrollada por Intel, que persigue simular la capacidad visual humana mediante sistemas de adquisición y dispositivos de cómputo. Desde que apareció su primera versión alfa en el mes de enero de 1999, se ha utilizado en infinidad de aplicaciones. Desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicativos de control de procesos donde se requiere reconocimiento de objetos. Esto se debe a que su publicación se da bajo licencia BSD (Berkeley Software Distribution), que permite que sea usada libremente para propósitos comerciales y de investigación con las condiciones en ella expresadas.

Está principalmente enfocada al desarrollo de aplicaciones en tiempo real, mediante el procesamiento multihilo.

Open CV es multiplataforma, existiendo versiones para GNU/Linux, Mac OS X y Windows. Contiene más de 500 funciones que abarcan una gran gama de áreas en el proceso de visión, como reconocimiento de objetos, reconocimiento

facial, calibración de cámaras, visión estérea, visión robótica, comparación de imágenes, etc.

El proyecto pretende proporcionar un entorno de desarrollo fácil de utilizar y altamente eficiente. Esto se ha logrado, realizando su programación en código C y C++ optimizados, aprovechando además las capacidades que proveen los procesadores multinúcleo [9].

A día de hoy, un gran número de empresas aplican las librerías OpenCV en ámbitos de seguridad, reconocimiento...

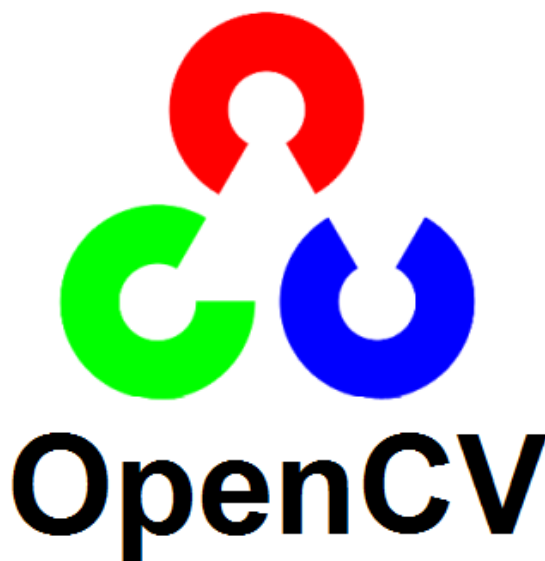


Ilustración 5 - Logo OpenCV

## 2.3 SISTEMAS DE ASISTENCIA AL CONDUCTOR

Son los sistemas integrados en el vehículo que responde ante condiciones de riesgo en la conducción automáticamente, ya sea por un error del conductor o por razones del medio [10].

### 2.3.1 SISTEMA ANTIBLOQUEO DE FRENOS (ABS)

El sistema antibloqueo de ruedas o frenos antibloqueo, del alemán Antilockiersystem (ABS), es un sistema utilizado en aviones, automóviles y modelos avanzados de motocicletas. Fue toda una revolución en materia de seguridad vial cuando Bosch introdujo el ABS en los turismos en el año 1978. El ABS evita que las ruedas se bloqueen y patinen ante una frenada fuerte y, por tanto, que se pierda adherencia con el suelo y estabilidad. Su gran efectividad para evitar accidentes originó que todos los fabricantes acordaran voluntariamente a partir del 1 de julio de 2004 que el ABS fuese un equipo de serie obligatorio para todos los turismos fabricados en la Unión Europea [11].

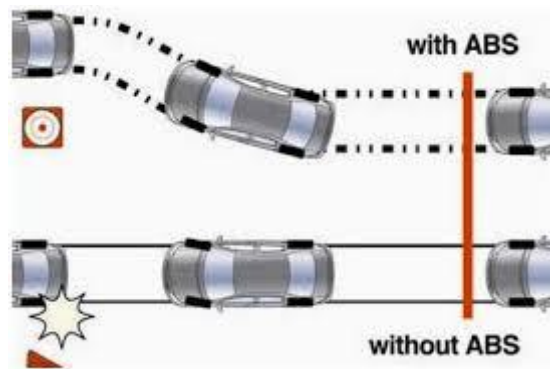


Ilustración 6 - Uso del ABS.

### 2.3.2 CONTROL DE TRACCIÓN (TCS, ASR...)

Los primeros sistemas de control de tracción provienen del mundo del ferrocarril, debido a que al ser las vías y las ruedas del tren del mismo material, no poseen mucha adherencia.

El control de tracción es un sistema de seguridad automovilístico lanzado por Bosch en el año 1986. Previene la pérdida de adherencia de las ruedas motrices y que éstas patinen cuando el conductor se excede en la aceleración del vehículo o el firme está muy deslizante. Funciona con los mismos sensores que utiliza el ABS, y coordinados con la gestión del motor, el sistema puede actuar sobre los frenos y el acelerador para asegurar la máxima motricidad.

Hay dos tipos de sistemas de control de tracción para automóviles: los que actúan reduciendo únicamente la potencia del motor cuando detectan que el neumático no es capaz de transmitir la potencia al asfalto y los que también

trabajan sobre el sistema de freno para retener la rueda que pierda tracción [12].

### 2.3.3 CONTROL DE ESTABILIDAD (ESP, VDC, DSC, ESC, VSC)

Es un elemento de seguridad activa que detecta si hay riesgo de derrape, interviene frenando individualmente las ruedas y reduce la potencia del motor para restaurar la estabilidad del vehículo. El sistema consta de una unidad de control electrónico, un grupo hidráulico, sensor de ángulo de dirección, sensor de velocidad de giro de rueda y sensor de ángulo de giro y aceleración transversal. Fue creado por Bosch en 1995, en cooperación con Mercedes-Benz y debe ir equipado en todos los turismos que se fabriquen desde noviembre de 2014. El ESP incluye las funciones de ABS y TCS.

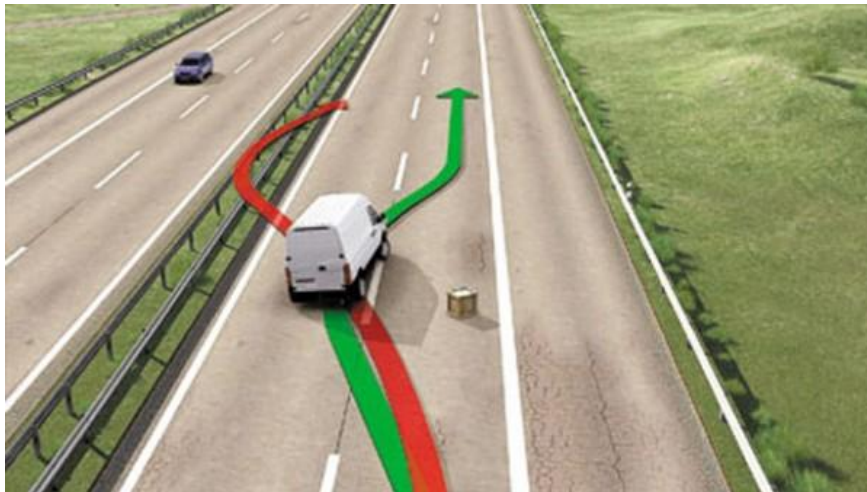


Ilustración 7 - Trayectoria con Control de Estabilidad.

### 2.3.4 REPARTO ELECTRÓNICO DE LA FRENADA (EBV, EBD)

Este sistema calcula si el reparto de la fuerza aplicada a cada rueda es adecuado a partir de los mismos sensores que el ABS, pero a diferencia del ABS, este sistema reparte de forma electrónica la fuerza de frenado entre ejes, y no individualmente a cada rueda. Determina cuanta fuerza hay que aplicar a cada rueda para detener el vehículo en una distancia mínima y sin que se





descontrole. Ayuda a que el freno de una rueda no se sobrecargue y que el de la otra quede infrautilizado.

## 2.4 SISTEMAS DE AYUDA A LA CONDUCCIÓN (ADAS)

Estos sistemas y dispositivos ayudan, de manera activa y pasiva, al conductor y a los ocupantes del vehículo. Son capaces de advertir de problemas de seguridad al conductor y a los ocupantes del vehículo e incluso tienen capacidad de actuación y reacción automática en situaciones de riesgo elevado, donde el conductor no haya reaccionado a tiempo, de manera que permiten al vehículo tomar decisiones por sí mismo.

### 2.4.1 BLIND SPOT INFORMATION SYSTEM

Todos los coches cuentan con 2 o 3 espejos retrovisores que permiten ver lo que pasa detrás del vehículo, pero no permiten ver todo. La zona que se escapa a la visión, es la denominada zona del ángulo muerto.

Actualmente casi todos los fabricantes montan los retrovisores con cierta curvatura convexa para aumentar el campo de visión y reducir en todo lo posible el ángulo muerto. Pero solo con los espejos no ha sido posible eliminar el ángulo muerto, por ello mediante la tecnología se ha inventado un sistema que complementa y ayuda a evitar el ángulo muerto.

Los sistemas Blind Spot Information System (BLIS), consisten básicamente en un elemento electrónico que ve lo que el conductor no puede ver, y una unidad de procesamiento que actúa en consecuencia emitiendo una señal de aviso. Uno de los primeros que lo introdujo fue Volvo.

Este sistema utiliza tres métodos para ver:

- **Cámaras de video:** están orientadas hacia detrás para cubrir la zona del ángulo muerto, la información es procesada mediante un programa de reconocimiento de imágenes.
- **Radar:** se monta un radar en el paragolpes trasero o dos radares más pequeños en las esquinas del paragolpes trasero. Los radares emiten unas ondas que rebotan en los vehículos que se acercan por detrás y así se tiene consciencia de los vehículos que se acercan.



- **Sensores de ultrasonido:** suelen ir colocados en los retrovisores o en los laterales del paragolpes, tienen menos alcance que los radares ya que suelen cubrir 10 metros hacia atrás [13].



Ilustración 8 - Detección en ángulo muerto.

## 2.4.2 COPILOTO ARTIFICIAL

La empresa alemana Continental ha desarrollado un sistema de asistencia para el mantenimiento de carriles, control de crucero adaptativo, y sistemas de alertas de colisión en situaciones de tráfico peligrosas.

El vehículo utiliza una cámara interior de infrarrojos para detectar donde está centrada la atención del conductor en todo momento. Esta cámara monitoriza la cara del conductor para conocer los movimientos de los ojos y la cabeza.

De esta manera, combinando los sistemas de asistencia y la cámara interior, la electrónica del vehículo puede detectar si ante una situación de peligro, el conductor está distraído o si tiene la mirada fijada en la situación de riesgo.

En caso de que el conductor muestre signos de distracción, una tira de luces LED de la que dispone el vehículo, emite una estela de luz capaz de entrar en la visión periférica del conductor y hacer que este, instintivamente centre su atención en la dirección deseada. La tira de luz LED puede adoptar varios

colores, que varían entre blanco, amarillo o rojo brillante en función del nivel de peligro [14].



Ilustración 9 - Seguimiento de la mirada.



Ilustración 10 - Luces de alerta.

### 2.4.3 DETECCIÓN DE PEATONES CON ASISTENTE DE FRENADA

Este sistema está pensado para reducir la gravedad, y en algunos casos, incluso eliminar las colisiones frontales con peatones.

En el caso de Ford, el sistema emplea un radar y una cámara colocada en el frontal del vehículo para poder analizar todo lo que pasa en la trayectoria del vehículo. El sistema es capaz de detectar personas que vayan a cruzarse en la trayectoria del coche o las que están en la misma carretera. Si el conductor no actuase a tiempo, este dispositivo activa automáticamente los frenos del vehículo para reducir la gravedad del accidente o incluso, puede eliminar las colisiones frontales.

Para conseguir que el sistema detecte a los peatones, el radar y la cámara envían la información a una base de datos con diferentes formas de peatones para ayudar a distinguir a personas de objetos inmóviles presentes en la carretera como señales, farolas o contenedores [15].

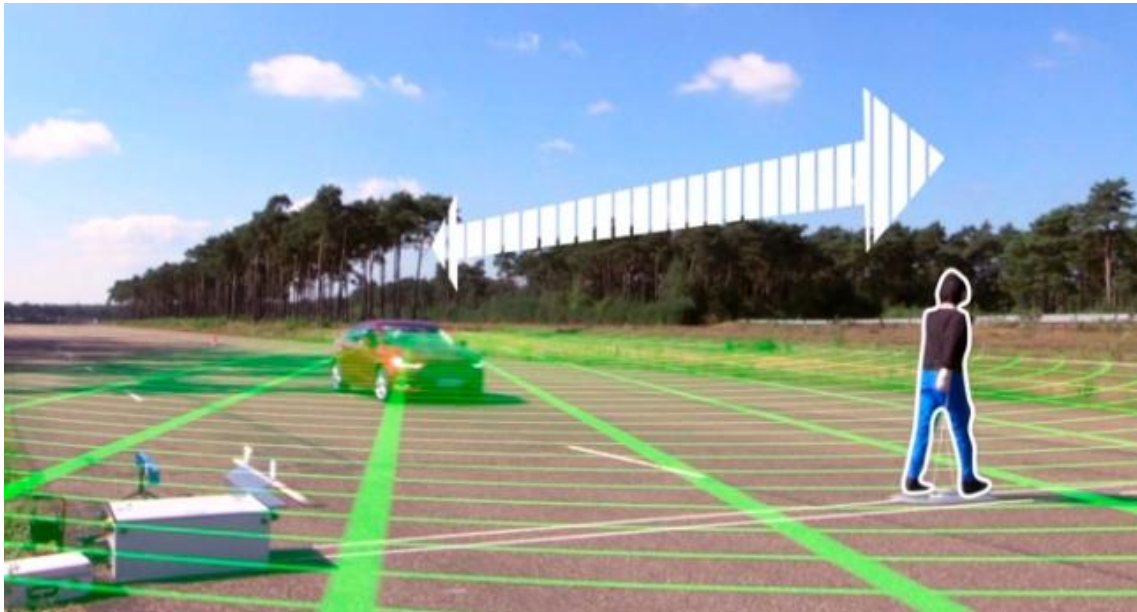


Ilustración 11 - Detección de Peatones.



## 2.4.4 DETECCIÓN DE CICLISTAS CON FRENADA AUTOMÁTICA

De acuerdo con los datos de accidentes, aproximadamente el 50 % de los ciclistas muertos en accidentes de tráfico en Europa han colisionado con un vehículo. Un ciclista zigzagueando delante del vehículo en el mismo carril es el tipo de incidente que protege el Sistema de Detección de peatones y ciclistas con frenada automática, diseñado por Volvo.

El avanzado sistema sensorial escanea el área de la parte delantera del vehículo. Si un ciclista que circula en nuestra misma dirección se desvía repentinamente delante de nuestro vehículo cuando éste se aproxima por detrás y la colisión es inminente, se produce una advertencia instantánea y la frenada automática se activa inmediatamente.

Al igual que Ford, el sistema de Volvo se realiza mediante la combinación de una cámara y un radar. El radar se integra en la parrilla del vehículo y la cámara se ubica en la parte trasera del espejo retrovisor interior. El radar sirve para determinar la distancia existente entre el objeto y el vehículo, mientras que la cámara sirve para conocer de qué tipo de objeto se trata.

Si tanto el radar como la cámara confirman la detección del objeto, se activa el sistema de frenado automático [16].



Ilustración 12 - Detección de ciclistas.

## 2.4.5 DETECTOR DE FATIGA

Los detectores de fatiga son sistemas electrónicos preventivos, que monitorizan al conductor para saber en qué estado está conduciendo, pudiendo así advertir al conductor si presenta síntomas de cansancio, fatiga o si le está entrando sueño. Hay dos formas de detección:

- **SENSORES EN EL VOLANTE:** Estos sistemas han sido de los primeros en estar disponible en los turismo, y a día de hoy los podemos encontrar en una amplia gama de modelos.

El mecanismo es muy sencillo, cuando conducimos no agarramos siempre el volante en la misma posición, sino que vamos haciendo correcciones en la trayectoria constantemente, incluso cuando circulamos en línea recta. Cuando nos estamos durmiendo, no realizamos esas correcciones, y cuando se abren los ojos, es frecuente la realización de movimientos bruscos.

Entonces el sistema alerta al conductor por medio de una alarma sonora y mostrando una señal en el cuadro de instrumentos.



Ilustración 13 - Sensores de fatiga en el volante.

- **CÁMARAS DE RECONOCIMIENTO FACIAL:** Este sistema funciona mediante una cámara que suele estar situada encima del volante y un sistema de reconocimiento facial. La electrónica del coche puede determinar si el conductor sufre cansancio, fatiga, sueño o falta de concentración.

La cámara enfoca a la cara del conductor y va supervisando el estado de los ojos, para ello analiza el nivel de parpadeo del conductor y la dirección en la que enfoca la mirada. También es capaz de detectar otros síntomas típicos de la fatiga como son los bostezos u otras expresiones faciales [17].



**Ilustración 14 - Monitorización facial para fatiga.**

## **2.4.6 VISION NOCTURNA**

De noche, por la disminución de la luz, se ve reducida la agudeza visual y aparecen problemas visuales como la pérdida de sensibilidad al contraste y la miopía nocturna. Estos problemas, influyen de manera negativa en el tiempo de reacción del conductor.

Es por ello, que una empresa israelí desarrolló un dispositivo de visión nocturna para conductores. Este dispositivo, permite aumentar la luminosidad de la carretera cuando se circula de noche o en circunstancias climatológicas desfavorables.

Tradicionalmente, los sistemas de visión nocturna se basan en las diferencias de temperatura de la tecnología de imagen termal. La empresa israelí ha sustituido este sistema por otro mucho más preciso y avanzado basado en la tecnología militar de imagen activa cerrada llamada BrightEye, que combina

una cámara con velocidad de obturación ultrarrápida junto con un haz de luz pulsada.

Estos desarrollos implementados en el coche, permiten al vehículo detectar de manera nítida y definida a peatones, animales o cualquier tipo de obstáculo en vías sin iluminación.

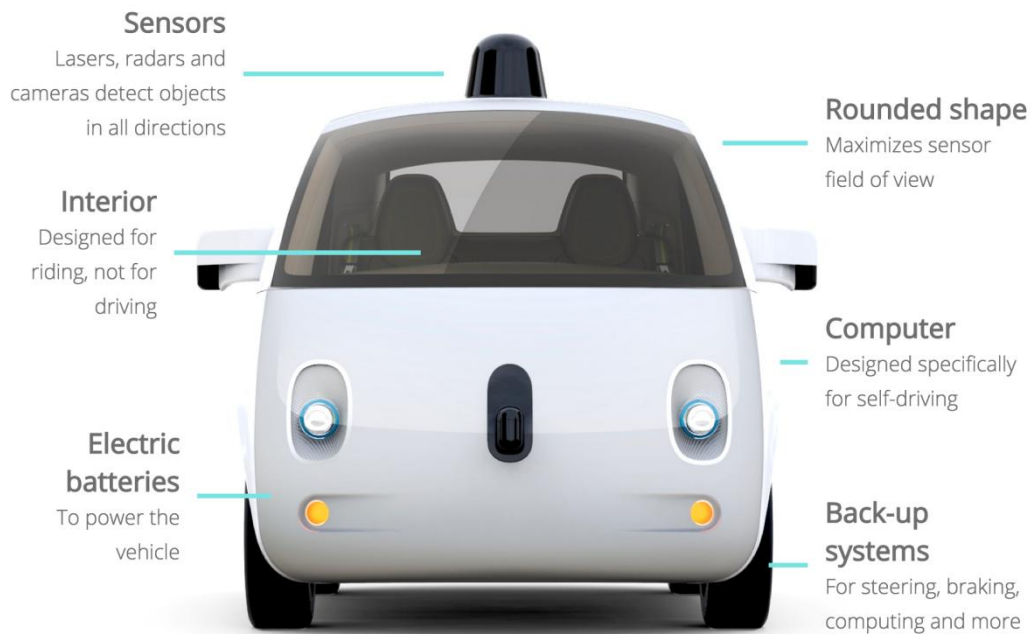
Este sistema también permite solventar el deslumbramiento de los coches que vienen en dirección opuesta, reduciendo la intensidad de los faros a unos simples puntos en la pantalla de visión, que garantizan el control visual de la carretera [18].



**Ilustración 15 - Sistema de visión nocturna.**

## **2.4.7 COCHE DE GOOGLE**

A la vanguardia de la introducción de la inteligencia artificial en los vehículos se encuentra Google, que están trabajando en prototipos de auto-conducción, es decir, vehículos que únicamente pulsando un botón son capaces de llevarte donde quieres ir.



**Ilustración 16 - Descripción del coche de Google.**

Como se ve en la imagen, en la parte superior se encuentran los sensores de láser, radar y cámaras. La forma ovalada del vehículo permite aumentar el campo de visión de los sensores. Con estos sensores, el coche de Google es capaz de detectar señales de tráfico, peatones, ciclistas, otros vehículos y todo tipo de obstáculos que puedan aparecer en su trayectoria. Además, combinando los sensores con su tecnología GPS, el coche es capaz de saber en todo momento en que ciudad está, la calle que transita y el carril por el que circula.

En cuanto al diseño interior, cabe destacar que se han eliminado los pedales y el volante, algo sorprendente para el concepto que históricamente hemos tenido sobre un automóvil, esta novedad se debe a que el coche de Google no ha sido diseñado para ser conducido, sino para que nos transporte de un sitio a otro de forma segura [19].

Por el momento se trata solamente de un prototipo, queda un largo camino para que este coche pueda salir al mercado, una de las principales causas que no lo hacen práctico a nivel comercial es su velocidad máxima, que tienen un tope de 25 mph, unos 40 kilómetros por hora. Pero en los próximos años tienen la idea de seguir aprendiendo y trabajando, y si la tecnología se desarrolla conforme a sus previsiones, Google y sus socios trabajarán para sacar al mercado este coche de la forma más segura.





## 2.5 APLICACIONES ENFOCADAS A LA CONDUCCIÓN

La ventaja principal de las aplicaciones enfocadas a la conducción es que se puede acceder a ellas desde un Smartphone, que es muy común de encontrar en el bolsillo de cualquier conductor. Además, suelen ser muy sencillas, baratas y rápidas de adquirir, únicamente es necesario descargar la aplicación desde el App Store o desde el Google Play, dependiendo el sistema operativo del teléfono donde se quiera instalar la aplicación.

Como factor negativo a mencionar, un Smartphone no tiene la calidad de imagen ni la capacidad de procesamiento de imágenes de la que dispone un ordenador y además al no ser una parte fija del vehículo su uso está menos integrado en la conducción, al fijarlo en el coche puede disminuir la visibilidad o ocultar información de abordo y está influenciado por los movimientos y vibraciones del vehículo. Por eso, una aplicación móvil no podrá igualar la calidad que puede aportar un ordenador integrado en el vehículo. Las más recomendadas son:

### 2.5.1 WAZE

Es una aplicación de posicionamiento y mapeo muy interactiva entre todos los usuarios que tienen la aplicación. Lo cual permite poder mejorar la información que recibe el usuario en tiempo real.

Waze permite guiar a un conductor a su destino por la ruta más rápida o que conlleve menor consumo de combustible en función del tráfico existente. Mientras la aplicación guía al conductor a su destino, va recolectando información acerca del tráfico y de las carreteras, que luego usará para planificar rutas a futuros conductores. Esta aplicación también permite alertarnos de controles policiales, accidentes, radares o incluso de las gasolineras más baratas que el conductor encontrará en el trayecto seleccionado.

Si se quiere participar de forma más activa, esta aplicación permite al usuario notificar por mensajes de voz mientras se conduce de la ubicación de radares, controles policiales o cualquier tipo de obstáculo en la carretera. Así toda la comunidad de usuarios de Waze estará informada.

Tal ha sido el éxito de esta aplicación israelí, que Google la adquirió por 966 millones de dólares [20].

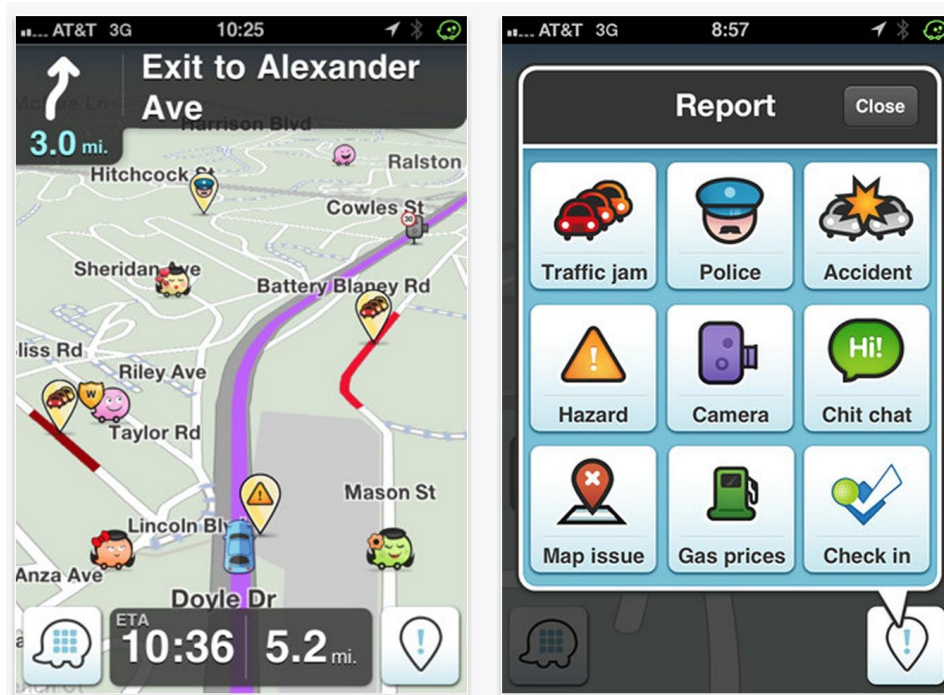


Ilustración 17 - Aplicación Waze.

### 2.5.2 AXA DRIVE

AXA Drive es una aplicación que permite al conductor conocer y mejorar sus habilidades al volante. La aplicación graba la conducción y analiza la forma de acelerar, frenar y tomar las curvas.

Al final de cada trayecto la aplicación informa al conductor de cómo es su comportamiento al volante y le puntúa, de tal modo que el conductor puede ir viendo su progresión [21].

### 2.5.3 IOnRoad

IOnRoad es una aplicación que utiliza la realidad aumentada para ayudar a mejorar la conducción en tiempo real, para su uso se debe colocar el Smartphone en la luna delantera del coche con la cámara enfocando al sentido de la marcha.

La aplicación accede a la cámara del dispositivo que, mediante el uso de algoritmos, indica la distancia de seguridad con el coche de delante, guía al conductor a su destino con el uso de GPS, informa si el vehículo se sale del carril de circulación e incluso alerta de posibles colisiones frontales.

Con esto, la aplicación resulta muy útil para evitar accidentes con otros vehículos, para ello esta aplicación consta de tres estados que asocia a tres colores distintos: verde, que indica que la conducción se está realizando correctamente y no hay ningún tipo de riesgo, amarillo, que informa que la conducción no está siendo la más recomendada y puede haber riesgo si no se toman medidas, y por último el rojo, que alerta de un alto riesgo de sufrir un accidente. Cuando se pasa de un estado a otro la aplicación lanza una alarma para que el conductor sea consciente de ello.

Aparte de ayudar en la conducción, esta aplicación cuenta con uno de los mejores localizadores de vehículo, que es capaz de guiar al usuario hasta el lugar donde ha aparcado el coche aunque haya sido en un parking. También dispone de un sistema de manos libres y de la grabación de situaciones de riesgo.

Por todo ello, esta aplicación ha sido galardonada con los premios de: Qprize 2012, CES 2012 Design and Engineering Showcase, App del mes en Gizmodo y número 3 de todos los tiempos en Killer Startups. Además, cuenta con reseñas en numerosos periódicos y revistas de prestigio como: Forbes, ABC, Fox News... [22]



Ilustración 18 - Aplicación IonRoad.

### 2.5.4 iCarBlackBox

Es una aplicación que convierte el teléfono móvil en una caja negra. La aplicación obtiene acceso a dispositivos del coche como acelerómetro, GPS y un sensor de impacto. Si se produce un accidente la aplicación habrá grabado con video y audio el suceso, siendo de gran ayuda para las compañías de seguros. La aplicación recoge la velocidad que llevaba el vehículo y las condiciones meteorológicas que había en la carretera. Para ayudar a la seguridad del conductor, si registra un accidente puede llamar al 112 si el conductor lo desea.

La aplicación reconoce las dimensiones del vehículo, por tanto si se sufre un golpe frontal, lateral o trasero será almacenado en el dispositivo.

iCarBlackBox también posee Realidad Aumentada con la que puede ayudar al conductor en la carretera [23].



Ilustración 19 - Aplicación iCarBlackBox.

### 2.5.5 TORQUE

Es una aplicación para realizar diagnósticos al coche, tras enchufar el Smartphone al conector del vehículo, se obtiene toda la información de la unidad electrónica de control del coche. Esta aplicación funciona para todos los coches fabricados a partir del año 2000 y para algunos fabricados a partir del año 1996. Por lo que antes de adquirir la aplicación es recomendable comprobar que el vehículo sobre el que se quiere realizar el diagnóstico es compatible.



Una vez instalada la aplicación y conectada al coche, ésta es capaz de informarnos del estado del motor con datos como: par, temperatura de la transmisión, consumo cada 100 km, revoluciones, caballos de fuerza, etc.

También notifica si algún elemento del sistema eléctrico o electrónico no funciona correctamente y de la emisión de CO<sub>2</sub>. La aplicación se complementa con un GPS para guiar al conductor [24].



Ilustración 20 - Aplicación Torque.



### 3 HARDWARE

El hardware es el conjunto de elementos físicos que permiten que funcione la aplicación. En este caso, el hardware será el Smartphone donde se ejecute la aplicación, por lo que cada dispositivo contará con unas características distintas en función de la marca del fabricante y del modelo.

Básicamente en lo que concierne a este proyecto, cualquier dispositivo móvil que cuente con una cámara a color es válido. La calidad de la cámara influye en gran medida en el tratamiento de las imágenes y una pobre resolución puede llevar a impedir la diferenciación de imágenes y por consiguiente, el incorrecto uso de la aplicación.

Pero a priori, todos los modelos de Android con un sistema operativo superior al 4.2 cuentan con cámaras capaces de adquirir imágenes con la calidad suficiente para llevar a cabo la aplicación.

La cámara permite la constante adquisición de nuevas imágenes, que serán continuamente analizadas para la búsqueda de caras, ojos y círculos.



## 4 SOFTWARE

El software es el conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas que confieren de lógica a la aplicación y la permiten funcionar. No existen físicamente.

En este proyecto, para la programación del software es necesario un ordenador (preferiblemente con Windows) y un Smartphone con un sistema Android 4.2 o superior.

En cuanto a los programas y aplicaciones necesarias cabe destacar:

### 4.1 ECLIPSE

Eclipse es un entorno integrado de desarrollo (IDE) lo cual permite escribir código de una manera sencilla. A continuación se enumeran algunas características comunes de los IDE [25]:

- Multiplataforma
- Soporte para varios lenguajes de programación
- Conexión con sistemas de control de versiones
- Asiste en la escritura de código
- Extensiones y componentes para el IDE
- Importar y exportar proyectos
- Herramientas de depuración de código
- Compilación
- Herramientas de búsqueda

Eclipse es un IDE enfocado a proyectos de Java, pero también soporta otros lenguajes de programación. Eclipse tiene un conjunto de complementos, incluidas las Herramientas de Desarrollo de Java (JDT). Todo en Eclipse podría decirse que es un complemento ya que también incluye el Entorno de Desarrollo de Complementos (PDE), que permite a los desarrolladores introducir sus herramientas sin problemas en el entorno de Eclipse.

Eclipse fue creado por la empresa IBM que invirtió 40 millones de dólares en su lanzamiento en 2003, fue algo revolucionario por tratarse del primer software de primer nivel en el ámbito de código abierto [26].

La primera versión que se lanzó fue Eclipse 3.0 el 28 de junio de 2004 y actualmente se está trabajando en la versión Neon que corresponde a la versión de plataforma 4.6.

En el anexo se informa de manera detallado los pasos para instalar eclipse y Android ADT.



Ilustración 21 - Logo Eclipse.

## 4.2 ANDROID ADT

Android Development Tools (ADT) es un plugin que permite al programa Eclipse poder crear nuevos proyectos Android, crear nuevas interfaces de usuario, añadir paquetes basados en la API de Android Framework, depurar aplicaciones usando las herramientas de Android SDK y exportar aplicaciones que puedan llegar a ser distribuidas en el Google Play [27].

## 4.3 OPENCV

La librería OpenCV debe ser instalada tanto en el ordenador donde se realice la programación de la aplicación, como en el dispositivo móvil donde se ejecute la aplicación.

Lo primero será instalarlo en el ordenador, para ello habrá que descargar la librería OpenCV de la siguiente página:

[28]

Con esto, eclipse estará preparado para utilizar las funciones propias de la librería OpenCV, pero para poder ejecutarla en el dispositivo Android, es necesario tener OpenCV también en el dispositivo.

Para instalar OpenCV en el dispositivo, hay que abrir el Play Store y descargar la aplicación **OpenCV Manager**. Una vez instalada, no habrá que hacer nada más, el dispositivo estará preparado para poder ejecutar



aplicaciones que cuenten con funciones OpenCV. Para comprobar que la aplicación ha sido instalada correctamente, el logo de la aplicación tiene que ser el mismo que el de las OpenCV y al abrir la aplicación se tiene que mostrar la siguiente pantalla:

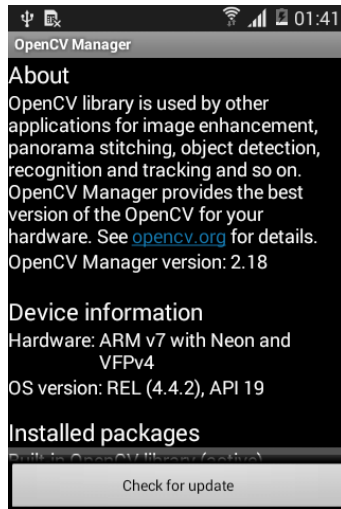


Ilustración 22 - Aplicación OpenCV Manager.

## 4.4 CLASIFICADOR HAAR-CASCADE

Los clasificadores Haar-Cascade permiten a los usuarios detectar una infinidad de objetos a través de la cámara del dispositivo.

Estos clasificadores fueron una propuesta de Paul Viola y Michael Jones que consiguieron en 2001 la primera detección de objetos competitiva a tiempo real, ya que permite procesar más de 2 fotogramas por segundo. Sus trabajos fueron posteriormente mejorados por Rainer Lienhartf.

El proceso se realiza mediante unos archivos XML de entrenamiento, que constan de una amplia selección de imágenes de un mismo objeto desde distintos puntos de vista, llamadas imágenes positivas. Estas son combinadas con imágenes negativas, que son imágenes del mismo tamaño que las positivas pero que contienen objetos al azar.

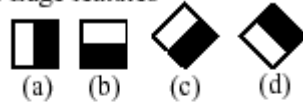
Cuando el clasificador está entrenado, se puede proceder a la detección del objeto en una zona de interés de la imagen de entrada. El clasificador enviará un 1 si la región es probable que contenga el objeto a detectar y un 0 en caso contrario. La región de interés puede ir variando de tamaño sin generar problemas al algoritmo, pues éste está diseñado para encontrar objetos con distintos tamaños. Por lo tanto, para encontrar un objeto de un tamaño desconocido en la imagen, el

procedimiento de digitalización debe de realizarse varias veces a diferentes escalas.

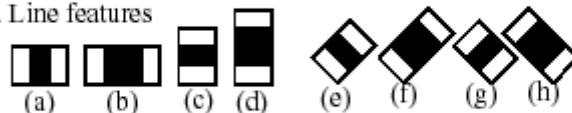
La palabra “cascade” en el nombre del clasificador significa que el resultado del proceso se compone de varios clasificadores más simples, denominados etapas. Las etapas se aplican a la región de interés hasta que en algún momento el candidato pasa todas las etapas o es descartado.

El método “boosted” significa que los clasificadores son complejos independientemente de cada etapa de la cascada y que se construyen utilizando la técnica de votación ponderada. Los clasificadores básicos son clasificadores en árbol, con un mínimo de 2 hojas. Las características Haar, se calculan como se describe a continuación:

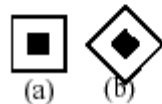
1. Edge features



2. Line features

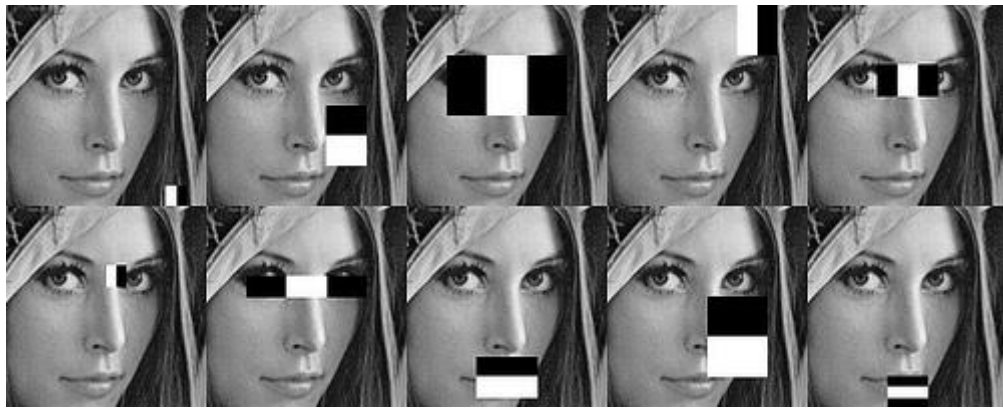


3. Center-surround features



**Ilustración 23 - Cálculos Haar.**

Las características con las que los clasificadores definen a los objetos son: la forma, la posición de la región de interés y la escala. Todos los objetos o individuos de una misma especie, comparten unas características comunes, que serán las denominadas características Haar. Las características Haar son obtenidas por la diferencia entre las sumas de los rectángulos blancos y de los negros. En la imagen se muestra como se realiza [29]:



**Ilustración 24 - Análisis Haar de una imagen.**

Así pues, el algoritmo de los clasificadores tiene principalmente 4 etapas:

- Selección de las características Haar.
- Creación de la Imagen Integral.
- Aplicación de la técnica de votación ponderada en la imagen.
- Los clasificadores en cascada.

## 4.5 HOUGH

La función de Hough se basa en la aplicación de la Transformada de Hough a una imagen para detectar figuras en ellas. Tiene dos variantes: la función HoughCircles y HoughLines.

La Transformada de Hough fue desarrollada por Paul Hough en el año 1962. Inicialmente, esta función solo servía para la detección de rectas. Con el tiempo, y gracias a las aportaciones de Richard Duda y Peter Hart, la transformada se expandió permitiendo la detección de circunferencias y elipses.

La función de Hough nace con la finalidad de solucionar los problemas que residen en la detección de formas mediante bordes. La mayoría de las ocasiones, los problemas son:

- Excluyen puntos del contorno de la figura cuando los puntos se sitúan en umbrales de color próximos al fondo de la imagen.
- Existen desviaciones espaciales entre la figura ideal.
- No eliminan el ruido del borde del objeto.



La función de Hough resuelve los problemas anteriores, ya que es capaz de realizar agrupaciones de los puntos que pertenecen a los bordes de posibles figuras a través de un procedimiento de votación sobre un conjunto de figuras parametrizadas, es decir, no necesita de la aparición total de la forma a detectar. En función de los parámetros indicados por el programador, es capaz de encontrar las formas que mejor se ajusten a dichos parámetros.

Para las rectas surge un problema inicial, ya que con la clásica ecuación:

$$y = mx + n$$

Las rectas verticales no quedan definidas, porque se intenta caracterizar las rectas con los parámetros (m,n).

Por tanto, se apoya en la forma polar de estas, siendo su ecuación:

$$\rho = x * \cos\theta + y * \sin\theta$$

El espacio  $(\rho, \theta)$  se denomina como el espacio de Hough para rectas de dos dimensiones, de esta forma, se asocia a cada recta un par  $(\rho, \theta)$  único.

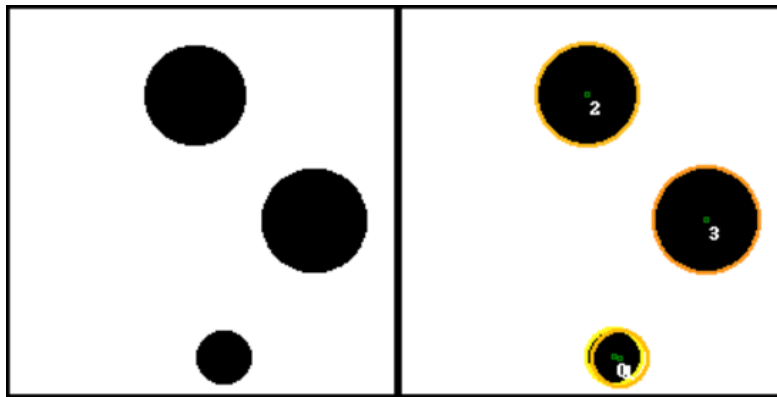
En cuanto a los círculos, que es el aspecto de la transformada de Hough que más interesa para este proyecto, se basa en la ecuación general:

$$x^2 + y^2 = r^2$$

Siendo:

- x,y las coordenadas del centro del círculo.
- r la dimensión del radio.

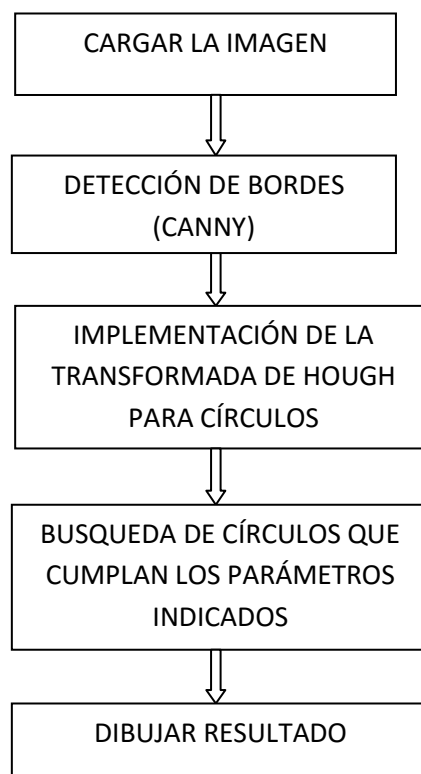
El espacio de Hough para círculos queda entonces definido por tres parámetros diferentes (x,y,r). Esto implica que el algoritmo sea más complejo que en el caso de las rectas, pero igualmente se obtienen buenos resultados, como se puede ver en la siguiente imagen [30]:



**Ilustración 25 - Detección de circunferencias con Hough.**

Para la detección de los círculos, la función genera todos los posibles candidatos del espacio de Hough y la función selecciona el círculo o los círculos que estén mejor definidos. Para ello, lo normal es que la función se apoye en un detector de bordes, como puede ser Canny, para reducir el tiempo de cálculo.

A continuación, se muestra el funcionamiento de la función HoughCircles de manera lineal:



**Tabla 3 - Diagrama de flujo HoughCircles.**

## 4.6 APLICACIÓN BASE

Este proyecto de visión por computador realizado por la Universidad Carlos III de Madrid, para facilitar la conducción, cuenta con una aplicación Android, llamada BASEL LSI, que ofrece un modelo de interfaz base, donde ir integrando las nuevas funcionalidades. Como se ve en la siguiente imagen, al abrir la aplicación el usuario se encuentra con un menú que le ofrece tres alternativas:



Ilustración 26 - Menú inicial de BASEL LSI.

- El botón **¿Quiénes somos?**, aporta la información sobre los desarrolladores que pusieron en marcha esta aplicación, es una pantalla que no permite ningún tipo de interacción con el usuario. Para volver al menú inicial habrá que pulsar el botón “volver” del dispositivo donde se esté utilizando la aplicación.



Ilustración 27 - Desarrolladores BASEL LSI.

- En el botón **Ejemplos**, la aplicación ofrece una lista de proyectos realizados con funciones de OpenCV. La aplicación abre una ventana nueva al tocar cada una de las opciones que muestra este menú:



Ilustración 28 - Menú Ejemplos.



Pulsando “Zoom”, se abre el pasatiempo desarrollado por OpenCV, este pasatiempo se apoya en la cámara del dispositivo móvil, creando un puzle con la imagen captada por la cámara, la pantalla es dividida en 16 recuadros, donde 15 de ellos obtienen una parte de la imagen de la cámara. Estos recuadros están desordenados y el objetivo del juego es que el usuario los ordene para adquirir una imagen clara de la cámara.

Al pulsar “Image manipulation”, la aplicación abre la cámara del dispositivo. La aplicación permite al usuario ejecutar en la imagen recibida cualquiera de las siguientes funciones OpenCV: convertir la imagen a RGBA, la aparición de histogramas de color, detectar los bordes de la imagen mediante el método Canny, convertir la imagen en sepia, transformar la imagen a blanco y negro, realizar zoom a una zona de la imagen, pixelar el centro de la imagen y aplicar un efecto cómic a la imagen recibida.

El apartado “Native Activity” continúa en fase de desarrollo por lo que no ocurre nada al pulsar dicho botón.

Por último, si se toca el recuadro de “Volver”, la aplicación retorna al usuario de nuevo al menú principal.

- El último botón del menú principal es **Aplicaciones LSI**, aquí es donde se han implementado las aplicaciones de visión por computador, realizadas por los alumnos de la Universidad Carlos III, que ayudan al conductor a realizar una conducción más segura.

Al pinchar en Aplicaciones LSI, se despliega el siguiente menú:

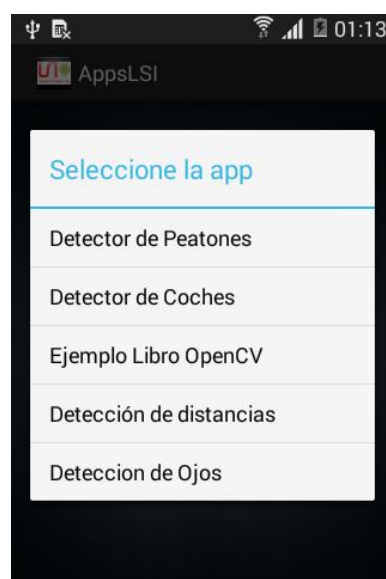


Ilustración 29 - Menú Aplicaciones LSI.

Este menú muestra las aplicaciones desarrolladas por el momento, y es aquí donde deben ser implementadas las futuras aplicaciones. En este trabajo se ha desarrollado la aplicación “Detección de Ojos”.

## 4.7 APLICACIÓN PROPIA: MONITORIZACIÓN DEL CONDUCTOR

En esta aplicación, a la que se accede por medio de la aplicación base, se implementan una serie de algoritmos para conseguir detectar por medio de la cámara del dispositivo, signos de distracción y de somnolencia.

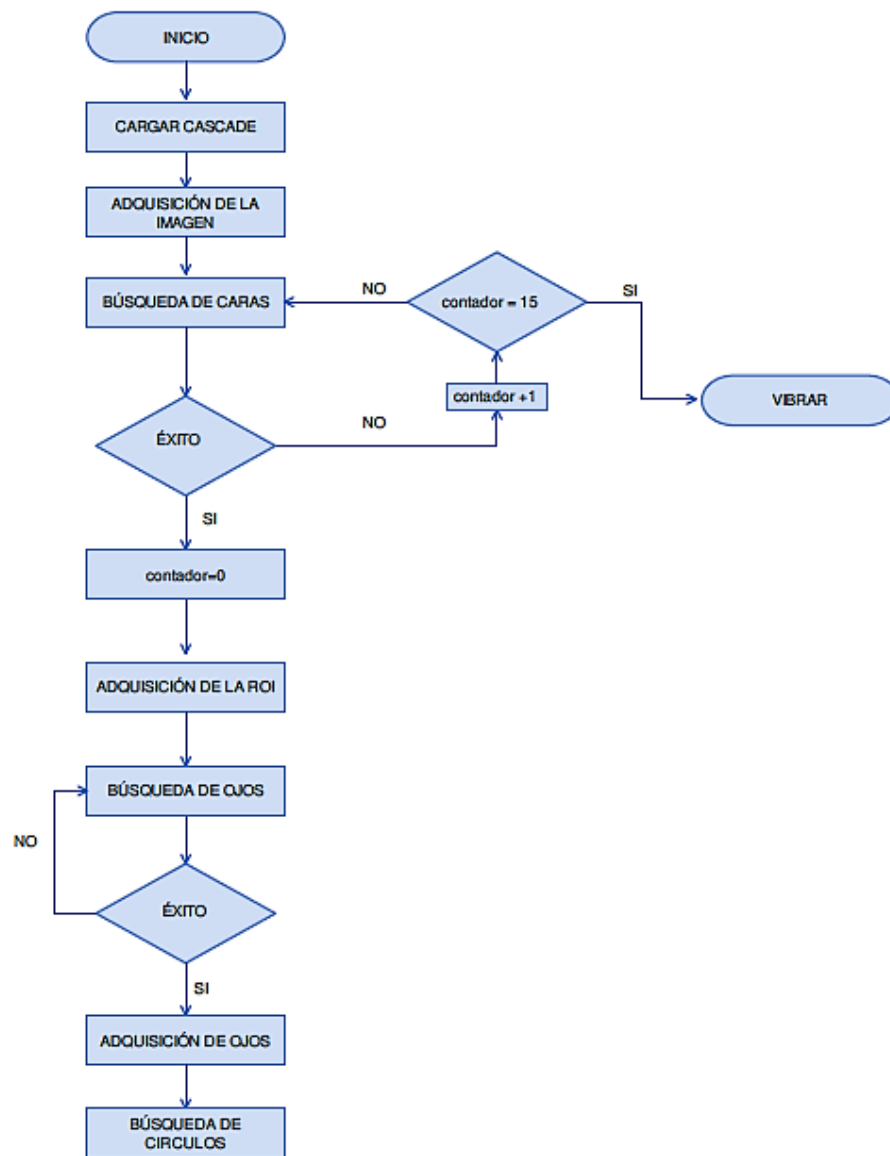


Tabla 4 - Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación.

### 4.7.1 BÚSQUEDA DE CARAS

Una vez conseguido el acceso a la cámara del dispositivo Android, lo primero que hace la aplicación es buscar caras en la imagen, porque en el momento que detecte una, es cuando se pondrá en marcha todo el seguimiento del conductor. Cabe destacar, que la búsqueda es de caras en posición frontal, un rostro de perfil no será detectado por la aplicación, como se verá a continuación, esto será de gran ayuda para el algoritmo de la aplicación.

Para la monitorización del conductor, solamente debe aparecer en pantalla la cara de dicho conductor. El objetivo de la aplicación es monitorizar al conductor, la aparición del copiloto o de cualquier otro ocupante del vehículo carece de sentido.

La aparición en escena de una segunda persona, podría confundir a la aplicación, obteniéndose resultados contradictorios, es por ello, que antes de empezar la marcha es conveniente asegurarse de que el dispositivo está correctamente colocado.

En el momento que detecta una cara determinada, la fija constantemente mientras que se muestre en pantalla, y solo dejará de detectarla cuando la persona mire para el lado, ya que la aplicación sólo detecta caras en posición frontal.

En las siguientes imágenes se observa cómo funciona el detector facial:

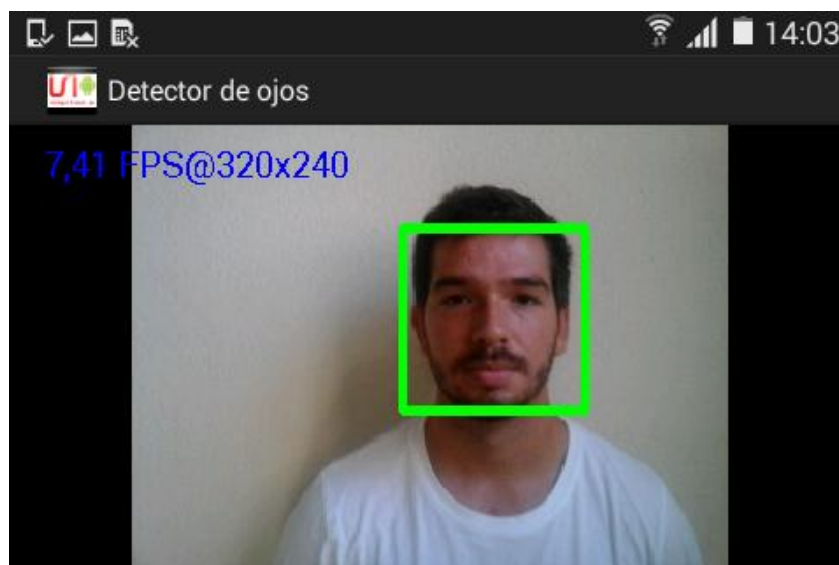
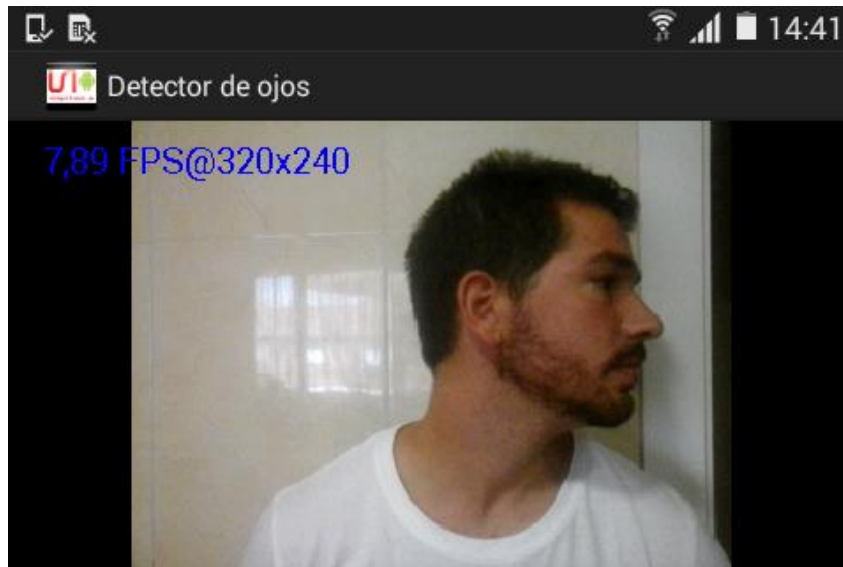


Ilustración 30 - Detector de cara.

En la ilustración 30 se ve como localiza perfectamente la cara, esta es la posición base a la hora de conducir, la aplicación debe estar siempre dibujando la posición de la cara.

En la siguiente imagen se ve como cuando la cara esta de perfil, no es capaz de detectar la cara.



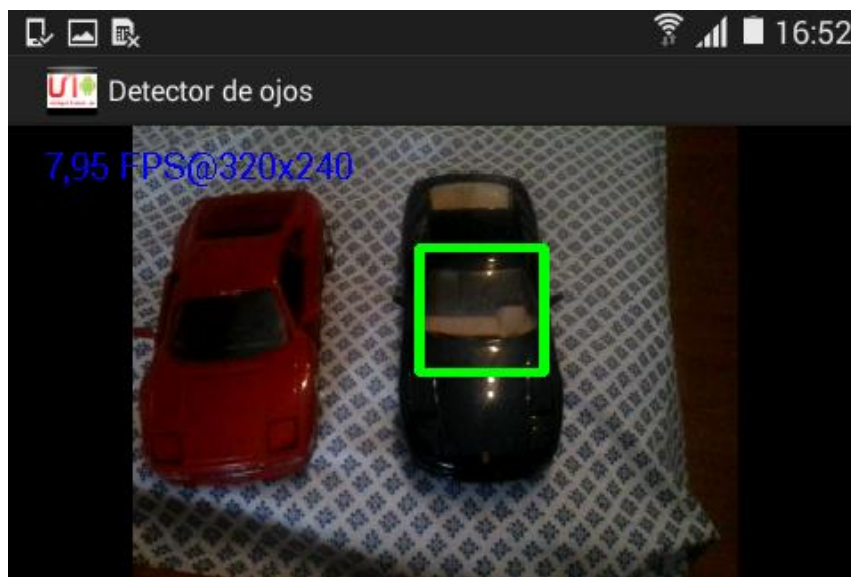
**Ilustración 31 - Cara de perfil sin detección.**

Por tanto, si habiendo detectado una cara con anterioridad, la aplicación deja de detectarla, significará que el conductor no está mirando a la carretera, sino que esta distraído con el paisaje, la radio, el teléfono o con los demás pasajeros. Es en este momento, en el que se lanza un temporizador, y si durante 2.5 segundos el conductor no vuelve a mirar al frente, se lanza un mensaje de alerta para avisar de la distracción. Si el conductor reacciona antes de que pasen los 2.5 segundos, el temporizador se inicializa y continúa la monitorización del conductor con normalidad.

## 4.7.2 FALSOS POSITIVOS

Hasta detectar por primera vez al conductor, es posible que la aplicación detecte algún falso positivo, en algún objeto que tenga alguna característica común con la cara de los seres humanos.

En la siguiente imagen tomada de la aplicación, se aprecia como marca un coche de juguete como si fuese una cara.

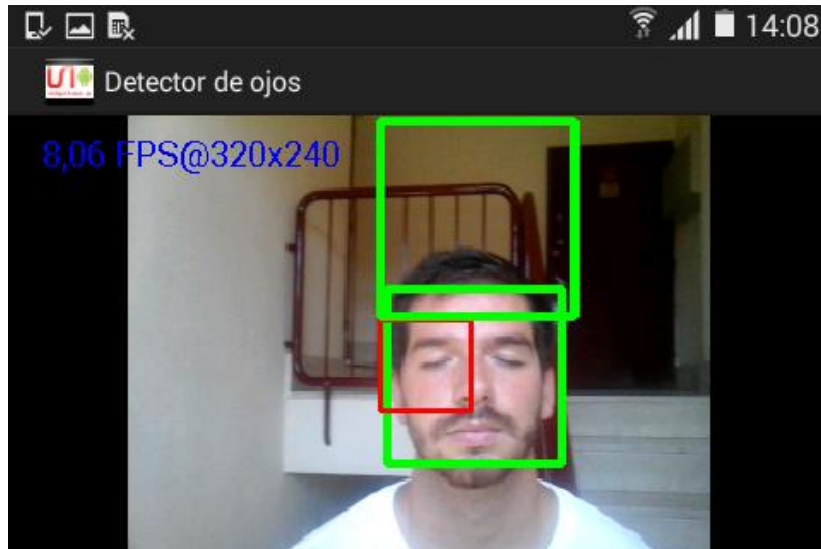


**Ilustración 32 - Falso positivo detección de cara.**

Esta clase de errores, pueden generar alguna molestia al principio de ejecutar la aplicación, pues el algoritmo empieza a trabajar con la primera cara detectada. Pero por lo general, estos falsos positivos no son persistentes y la aplicación no fija la detección del falso positivo, por lo que no implican ningún tipo de riesgo para el desarrollo de la monitorización del conductor.

Los falsos positivos que pueden interferir en el correcto funcionamiento de la aplicación, son aquellos que se detectan a la vez que un caso positivo, pues si aparecen cuando el conductor esta distraído, la aplicación se comportará como si el conductor estuviese atento a lo que sucede en la carretera y no lanzará la señal de alerta.

En la imagen 33 se puede apreciar el caso mencionado:



**Ilustración 33 - Falso positivo con positivo.**

Es un fallo poco habitual, no suele entorpecer la aplicación porque nunca mantiene fijado un falso positivo, y como se observa en la imagen, en este caso aparece el error porque el entorno está lleno de objetos que pueden confundir momentáneamente a la aplicación.

Dentro de un vehículo, al tratarse de un ambiente más simple, la probabilidad de que se produzca este error es casi nula, pero siempre hay que tenerla en cuenta.

### 4.7.3 DETECCIÓN DE OJOS

Cuando la aplicación detecta una cara, el algoritmo da paso a la búsqueda de los ojos.

Debido a que todas las caras humanas se rigen por una proporción similar, es evidente que los ojos se encontrarán por la parte central de la cara.

En base a esto, una vez que se ha detectado la cara, es de gran utilidad generar una nueva matriz partiendo de la matriz generada en la detección de la cara.

Esta nueva matriz, que será denominada región de interés, elimina la parte inferior de la cara, donde se encuentra la barbilla y la boca, y también la parte superior de la cabeza y parte de la frente.

Como la detección del ojo derecho y del ojo izquierdo se realiza con clasificadores diferentes, es decir, cada ojo usa su propio clasificador, la región de interés se divide nuevamente en dos regiones mediante una recta vertical que genera dos regiones iguales, la región de interés del ojo derecho y la región de interés del ojo izquierdo.

En estas últimas dos regiones es donde se debe realizar la búsqueda de los ojos, pues en ellas, es donde se encuentran las opciones de encontrar los ojos. Con ello, se permite reducir el tiempo de ejecución y se evita un exceso de operaciones que puedan colapsar o ralentizar el dispositivo.

El resultado conjunto de la detección facial y de la detección de ojos se muestra en la siguiente imagen:

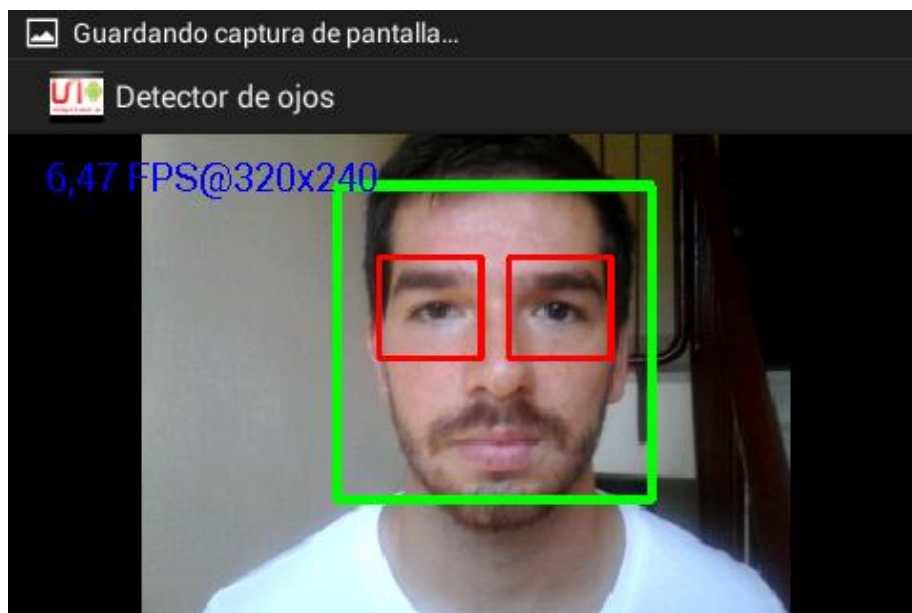


Ilustración 34 - Detección de cara y ojos.

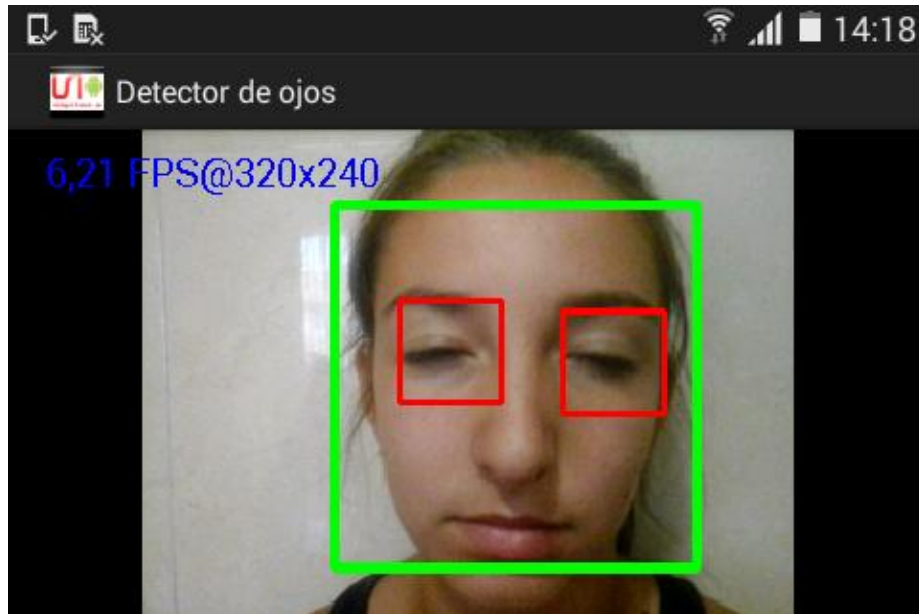
#### 4.7.4 LIMITACIÓN DE LOS CLASIFICADORES HAAR CASCADE EYES

Los clasificadores cascade para los ojos, detectan tanto ojos abiertos como ojos cerrados, se puede afirmar que encuentran con mayor facilidad ojos abiertos que cerrados, pero pese a ello, no se puede establecer las siguientes relaciones:



- La detección de un ojo y su posterior enmarcado, se realiza con ojos abiertos.
- La pérdida del marco de detección se debe a que el conductor ha cerrado el ojo.

La siguiente imagen prueba la ausencia de relación:



**Ilustración 35 - Detección de ojos con ojos cerrados.**

Por esta falta de relación, para poder concluir si el conductor tiene síntomas de somnolencia, es necesario recurrir a otro método que sea capaz de deducir si el ojo está abierto o cerrado.

#### **4.7.5 DIFERENCIAR OJOS ABIERTOS Y OJOS CERRADOS**

Cualquier ojo tiene dos características principales que lo definen, el color y la forma.

El color de los ojos es diferente en cada persona, pero todos ellos tienen una característica común que es el color blanco del globo ocular. En cuanto a la forma, las personas pueden tener diferentes tamaños de ojos, pero todos ellos tienen una forma elíptica muy próxima a un círculo, en función de cada persona los ojos serán más o menos circulares.



En este apartado, durante la realización de la aplicación surgieron dos posibles opciones para su realización.

#### **4.7.6 EN BASE AL COLOR**

Esta primera opción, se basa en asumir que un ojo abierto contiene mayor número de píxeles blancos que un ojo cerrado, esto es debido al característico color blanco del globo ocular. De manera experimental, se puede determinar un valor umbral de píxeles blancos, por encima del cual el ojo se encuentra abierto y por debajo el ojo permanece cerrado.

Para la puesta en marcha de la idea mencionada, lo primero fue convertir la zona de los ojos, que ha sido previamente detectado con los clasificadores cascade, a escala de grises. Con la imagen en escala de grises, mediante el apoyo de la función THRESHOLD, se consigue transformar la imagen únicamente a blanco y negro.

Para binarizar la imagen a blanco y negro, la función THRESHOLD, necesita de la introducción de un parámetro, que será el valor de gris umbral a partir del cual convierte los píxeles en negro o por el contrario en blanco. Este valor se adquiere de nuevo experimentalmente.

El algoritmo recorre la matriz de los ojos contando el número de píxeles que se encuentran en blanco. Si este número supera el valor umbral de píxeles blancos anteriormente mencionado, la aplicación asume que el conductor tiene los ojos abiertos, por el contrario si el número de píxeles blancos no supera el valor umbral, la aplicación entra en alerta ante un posible caso de somnolencia.

#### **4.7.7 INCONVENIENTES EN BASE AL COLOR**

Este método para la detección del estado de los ojos, no ha llegado a dar resultados fiables y tuvo que ser descartado.

El principal problema se obtiene en la umbralización de la imagen en escala de grises. Para comprender mejor el problema, se procede al análisis de la siguiente imagen en escala de grises captada por la aplicación:



**Ilustración 36 - Aplicación en escala de grises con ojos abiertos.**

En la imagen se observa una persona con una camiseta blanca y con los ojos abiertos. Cabe resaltar, que en la adquisición de la imagen, se contaba con unas buenas condiciones de iluminación.

Como se ve, el blanco de los ojos y el de la camiseta, que a priori se encuentran en niveles de color muy próximos, en la imagen están mucho más distantes. De hecho, el blanco de los ojos tiene un nivel de gris parecido al del color de la piel.

Esto se debe principalmente a los siguientes motivos:

- La cámara de un dispositivo Android cuenta con algunas limitaciones de resolución.
- La zona de los ojos no es una superficie plana, los ojos se encuentran ubicados en cuencas, por lo que es más difícil que llegue la luz a los ojos que a los alrededores de estos.
- Se generan sombras en función de las direcciones de los rayos de luz, estas sombras oscurecen la zona afectada.

Por todo ello, no es fácil determinar el umbral que permita diferenciar el blanco del resto de colores. Además, cuando cambia el nivel de iluminación del entorno, también cambia el nivel umbral de color.

Analizando ahora una imagen con los ojos cerrados, se puede apreciar que tanto el parpado superior como la zona inferior del ojo, tienen un

grado de gris muy similar al que posee el globo ocular. Destacando como zonas más oscurecidas la raya del ojo y las sombras.



**Ilustración 37 - Aplicación en escala de grises con ojos cerrados.**

Desde el punto de vista matemático, sumando los píxeles de una imagen de la aplicación Android con los ojos abiertos y otra con los ojos cerrados, no es posible conseguir diferenciarlos. El resultado de ambas sumas adopta un valor muy similar.

Como consecuencia, no es posible crear una aplicación Android que sea válida con este método. Lo cual lleva a plantear otra alternativa diferente.

#### **4.7.8 EN BASE A LOS CÍRCULOS DEL OJO**

Tras el fallo de la primera idea, surge este método como alternativa, el cual se basa en la función de HoughCIRCLES, que ya fue comentada con anterioridad.

El ojo no es un círculo perfecto, por lo que hay que ajustar los parámetros de la función para que busque formas que se asemejen a círculos. Esto implica que la aplicación detectará a parte de los círculos que haya en la imagen, posibles falsos positivos que tengan una región de su forma similar a un círculo.



Para evitar un exceso de falsos positivos, la búsqueda ha de realizarse únicamente en la región del ojo, ya que son los únicos círculos relevantes para la aplicación y además esto permite reducir los tiempos de cálculo y agilizar el flujo de la aplicación.

#### **4.7.9 PROBLEMA EN LA DETECCIÓN DE CÍRCULOS**

Cuando la aplicación detecta el ojo, no mantiene constante la detección, si no que emite un parpadeo con el dibujo del círculo encontrado. Por otra parte, al encontrar círculos con facilidad, en ocasiones detecta círculos al estar cerrados los ojos, porque las cuencas de los ojos también tienen forma circular, aunque en menor medida que un ojo.

Esto implica que no se pueda concluir que cada vez que la aplicación detecta un círculo en la zona de los ojos, estos se encuentren abiertos o por el contrario, que cuando no se detecte ningún círculo sea porque los ojos permanecen cerrados.

#### **4.7.10 SOLUCIÓN AL PROBLEMA EN LA DETECCIÓN DE CÍRCULOS**

Como es normal, la frecuencia de detección de círculos cuando el ojo está abierto, es mucho mayor que cuando éste se encuentra cerrado. Por lo que mediante un contador, que se reinicia cada 2.5 segundo, se puede ir contando el número de detecciones de círculos descubiertas por la aplicación.

Si se realizan más de 5 detecciones en ese intervalo de tiempo, se puede concluir que el ojo ha permanecido abierto durante ese tiempo, pero por el contrario, de no llegar a las 5 detecciones, significa un primer indicio de somnolencia y en ese caso el dispositivo manda una señal de alerta para que el conductor tome las medidas necesarias.

Para no sobrecargar de dibujos la zona de los ojos, la aplicación pinta un círculo azul en la esquina superior izquierda de la pantalla cuando detecta un círculo en la región de los ojos.

En la siguiente imagen, se muestra el funcionamiento final del método para deducir si el ojo se encuentra abierto o cerrado.

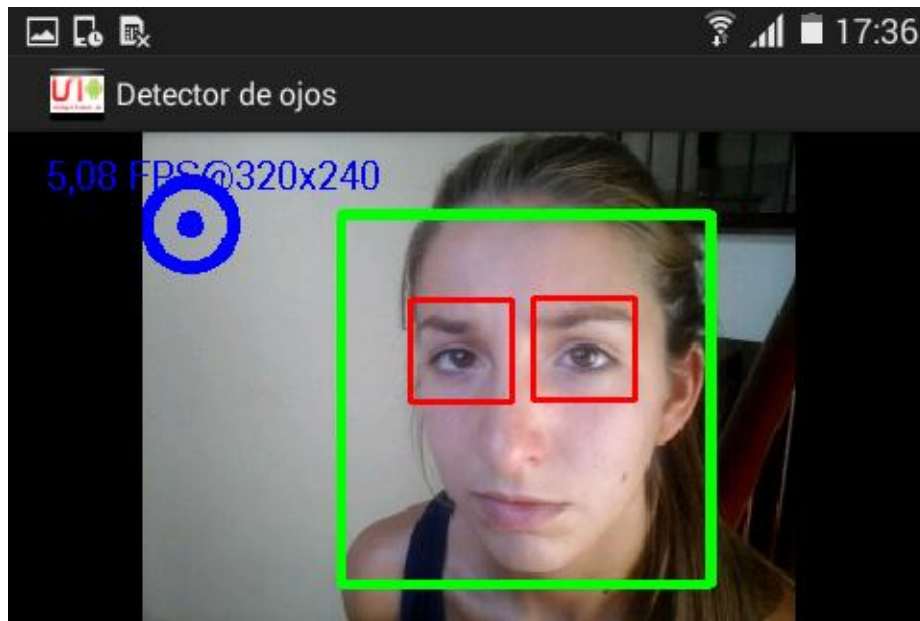


Ilustración 38 - Detección de ojos abiertos.



## 5 RESULTADOS Y TEST

Como se ha visto con anterioridad, se han conseguido realizar los objetivos marcados al inicio del proyecto. Pero en este apartado, se busca conocer la calidad de dichos resultados. Para ello, se estudiarán por separado los casos exitosos de detección de distracciones y los de somnolencia.

En las siguientes tablas se irán anotando los resultados de los diferentes test realizados, lo primero en analizar será la calidad de la aplicación en la detección de distracciones:

SISTEMA	Nº CASOS	ÉXITOS	FALLOS	FALSOS POSITIVOS
Detector de distracciones	20	19	1	0

Tabla 5 - Test de distracciones.

A continuación se procede a evaluar el detector de somnolencia, como se explicó en el apartado 4.7, la detección de somnolencia se basa en el número de círculos que se detectan en el ojo en un periodo de tiempo, por tanto se probará la aplicación modificando dicho número.

Primero se probará la detección con 5 círculos:

SISTEMA	Nº CASOS	ÉXITOS	FALLOS	FALSOS POSITIVOS
Detector de somnolencia	20	17	0	3

Tabla 6 - Test de somnolencia 1.





La siguiente tabla muestra los datos recogidos con 4 círculos:

SISTEMA	Nº CASOS	ÉXITOS	FALLOS	FALSOS POSITIVOS
Detector de somnolencia	20	20	0	0

Tabla 7 - Test de somnolencia 2.

Por último en la siguiente tabla se analizan los datos con 3 círculos:

SISTEMA	Nº CASOS	ÉXITOS	FALLOS	FALSOS POSITIVOS
Detector de somnolencia	20	18	2	0

Tabla 8 - Test de somnolencia 3.

En base a los datos obtenidos, se observa que ambos sistemas dan muy buenos resultados, y en el caso particular del detector de somnolencia, se obtiene un mejor funcionamiento en el caso de trabajar con 4 círculos.

Al aumentar el número de círculos, en ocasiones la aplicación no consigue detectar los suficientes círculos cuando el ojo está abierto y notifica al conductor de falsas somnolencias. Por el contrario, cuando se disminuye el número de círculos, empiezan a aparecer casos de somnolencia que la aplicación no reconoce y por tanto no se alerta al conductor para que tome las medidas oportunas.



## 6 TRABAJOS FUTUROS

Como ya se ha mencionado, este proyecto trata sobre la creación de una aplicación capaz de detectar distracciones y somnolencia en un conductor. Pero este proyecto, forma parte de otro más amplio, en el que se pretende ayudar al conductor en muchos más aspectos de la conducción con la ayuda de las librerías OpenCv.

Desde el punto de vista de la aplicación que está desarrollando el LSI, todavía se pueden incluir nuevas funciones como por ejemplo:

- Reconocimiento de señales de tráfico.
- Reconocimiento de carriles de circulación y notificación en caso de que el vehículo circule por fuera del carril.
- Combinando las aplicaciones ya integradas en BASEL LSI, de detección de coches y distancia de peatones, podría realizarse una nueva aplicación capaz de calcular la distancia de seguridad con el coche que circule delante, y alertar al conductor si la distancia de seguridad no es apropiada.

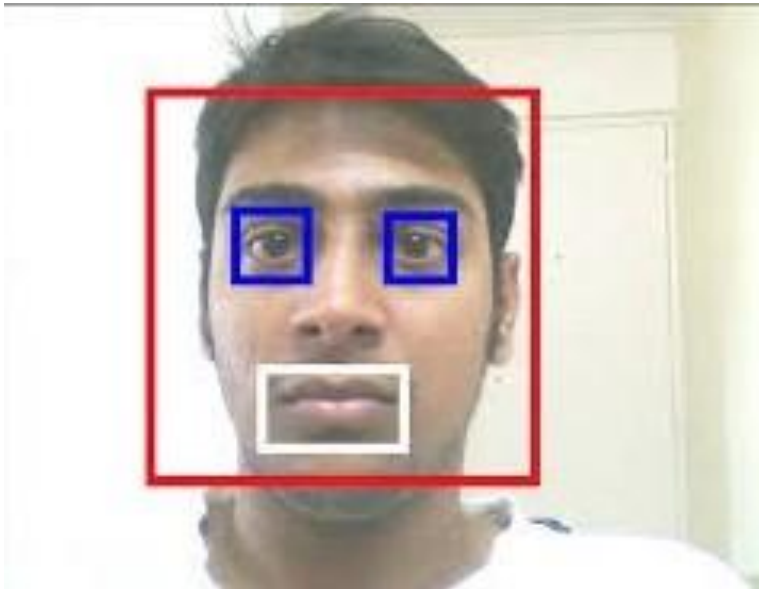
Por otra parte, se trata de un proyecto en desarrollo, una vez estén finalizadas todas las funciones deseadas, se podría trabajar en comercializar la aplicación o en integrarla en el vehículo.

Al tratarse de una aplicación Android, la manera más sencilla de comercializarla y que permite llegar a más personas, es subiendo la aplicación a Play Store, una plataforma de distribución digital de aplicaciones móviles a la que todos los dispositivos Android tienen acceso y que llega a contar con 7.8 millones de descargas diarias.

En el caso de este proyecto en particular, podrían realizarse futuras mejoras como en el aspecto de la somnolencia, ya que se ha trabajado en el momento de inicio del sueño, que es cuando empiezan a cerrarse los ojos. Pero hay otros síntomas de somnolencia, como son los bostezos, que alertan al ser humano de que está fatigado y que podría considerarse como el primer signo de somnolencia.

Para detectar bostezos, la aplicación debería de detectar la boca en la cara del conductor, y una vez detectada, reconocer por medio de algoritmos si se abre la boca en exceso durante 3 o más segundos, que es la duración de un bostezo.

Actualmente las librerías OpenCv cuentan con clasificadores que permiten a los desarrolladores detectar bocas. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo:



**Ilustración 39 - Detección de boca.**

## 7 PRESUPUESTO

En este apartado se busca calcular el coste total que supone la realización de este proyecto. Para ello, hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Coste personal
- Coste del hardware
- Coste del software

### 7.1 COSTE PERSONAL

El coste personal, se refiere al coste que supone contratar a un ingeniero para la realización de un proyecto. En este caso el tiempo dedicado al proyecto se ha dividido en dos etapas: formación y desarrollo. Como son trabajos bastante distintos, el coste también es distinto, y por ello se diferenciarán las dos etapas en el aspecto económico.

#### 7.1.1 COSTE FORMATIVO

La etapa formativa tuvo una duración de 4 meses, en este tiempo se realizó el curso de visión por computador de la Universidad Carlos III de Madrid, se adquirieron conocimientos básicos de Java y se empezó a familiarizarse con el entorno de desarrollo Eclipse.

Como es una etapa formativa, se puede aproximar el coste horario de este periodo al de un becario, que actualmente ronda los 500 euros al mes. En base a esto:

ACTIVIDAD	TIEMPO REQUERIDO	COSTE MENSUAL	COSTE TOTAL
Etapla formativa	4 meses	500 €/mes	2000€

Tabla 93 - Coste formativo.

#### 7.1.2 COSTE DE DESARROLLO

En esta segunda etapa es en la que se desarrolla la aplicación. Es una etapa en la que se combina la investigación con la puesta en práctica de los



conocimientos adquiridos. Esta parte supuso un tiempo aproximado de 3 meses.

En base al trabajo realizado, el coste mensual de esta etapa sería de 1100 euros. Por tanto:

ACTIVIDAD	TIEMPO REQUERIDO	COSTE MENSUAL	COSTE TOTAL
Etapa de desarrollo	3 meses	1100 €/mes	3300€

Tabla 10 - Coste de desarrollo.

## 7.2 COSTE DEL HARDWARE

El coste del hardware es básicamente el dispositivo que ha servido de soporte para la aplicación. En este caso, el proyecto se ha realizado con un Samsung GALAXY YOUNG 2.

Como no se trata de un teléfono de gama media, su coste no es muy elevado, por tanto se realiza un pago único con el valor del dispositivo.

ACTIVIDAD	COSTE TOTAL
Hardware	79€

Tabla 11 - Coste de hardware.

## 7.3 COSTE DEL SOFTWARE

El software del proyecto, como se vio en el apartado 4, consta del entorno de desarrollo Eclipse con sus correspondientes paquetes de Android y las librerías OpenCV. La adquisición de ambos productos es gratuita, por lo que el coste del Software será nulo.

## 7.4 RESUMEN DE COSTES

En base a los datos anteriores, se construye la siguiente tabla para calcular los costes totales del proyecto:

ACTIVIDAD	COSTE
Etapa formativa	2000€
Etapa de desarrollo	3300€
Hardware	79€
Software	0€

<b>COSTE FINAL</b>	<b>5379€</b>
--------------------	--------------

Tabla 4 - Resumen de costes.



## 8 CONCLUSIÓN

Pese a las dificultades que han ido apareciendo, finalmente se ha conseguido cumplir los objetivos buscados en este proyecto. Quizá no todo ha resultado como se esperaba, porque no siempre se ha podido desarrollar la idea original y ha habido que buscar métodos alternativos, pero el resultado ha sido muy positivo.

En base al funcionamiento de la aplicación, creo que la detección de distracciones es muy buena y que puede ser apta para cualquier futuro proyecto. Pero en cuanto a la detección de fatiga, pienso que la plataforma Android no es la más adecuada para dicha función, pues se precisa de una mejor cámara para tener unos resultados que sean siempre fiables. Para un perfecto funcionamiento, considero que para la detección de fatiga, lo mejor es realizar un sistema de detección de fatiga que vaya integrado en el coche. Evidentemente esta última opción resulta mucho más costosa y no es lo que se busca en este proyecto, por lo que la aplicación desarrollada es suficiente, pero para proyectos más exigentes habría que contemplar otras alternativas.

En el aspecto personal, este proyecto ha supuesto un gran reto para mí, pues se trataba de un proyecto que me atraía, pero no tenía suficientes conocimientos sobre la materia.

La realización de este proyecto, me ha permitido aprender cosas nuevas y ha despertado nuevas inquietudes. El hecho de haberlo podido desarrollar me ha servido para demostrarme a mí mismo que con esfuerzo, ilusión y la formación suficiente se puede conseguir cualquier propósito.





## BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. AYUSO, «EL PAÍS.es,» 2 Enero 2015. [En línea]. Available: [http://elpais.com/elpais/2015/01/02/media/1420224722\\_810557.html](http://elpais.com/elpais/2015/01/02/media/1420224722_810557.html). [Último acceso: 4 Julio 2015].
- [2] M. D. INTERIOR, «DISTRACCIONES AL VOLANTE,» DRIMWAY STUDIOS, [En línea]. Available: [www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo\\_recursos/didacticos/did\\_adultas/Distracciones\\_al\\_volante.pdf](http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/Distracciones_al_volante.pdf). [Último acceso: 2 JULIO 2015].
- [3] CEA, «CEA Seguridad Vial,» [En línea]. Available: <http://www.seguridad-vial.net/conductor/seguridad-en-la-circulacion/45-las-distracciones>. [Último acceso: 4 Julio 2015].
- [4] JCL, «CarandDriverTheF1.com,» 2015 Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.caranddriverthef1.com/coches/planeta-motor/113127-el-85-las-distracciones-al-volante-las-provocan-los-acompanantes>. [Último acceso: 6 Julio 2015].
- [5] DGT, «dgt.es,» [En línea]. Available: [http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo\\_recursos/didacticos/did\\_adultas/suenio.pdf](http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/suenio.pdf). [Último acceso: 6 Julio 2015].
- [6] Drive Smart, «<http://drivesmart.es/>,» [En línea]. Available: <http://drivesmart.es/blog/2014/08/07/el-sueno-al-volante-causas-efectos-y-consejos/>. [Último acceso: 7 Julio 2015].
- [7] «Stelapps,» [En línea]. Available: <http://stelapps.com/android/historia-android/>. [Último acceso: 10 Julio 2015].
- [8] «My App Android,» [En línea]. Available: <https://myappandroid.wordpress.com/estado-del-arte/>. [Último acceso: 7 Julio 2015].
- [9] «OPENCV,» [En línea]. Available: <http://ubaa.net/shared/processing/opencv/>. [Último acceso: 7 Julio 2015].
- [10] S. Soria, «coches.net,» 23 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.coches.net/noticias/sistemas-ayuda-conductor>. [Último acceso: 15 Julio 2015].



- [11] R. Fidalgo, 13 Enero 2012. [En línea]. Available: <http://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/96849/abs-tres-letras-magicas-2/>. [Último acceso: 12 Julio 2015].
- [12] R. Fidalgo, «AUTOCASIO.com,» 15 Marzo 2012. [En línea]. Available: <http://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/97737/control-de-traccion-el-acelerador-inteligente/>. [Último acceso: 16 Julio 2015].
- [13] Ibáñez, «CIRCULA SEGURO,» 14 Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.circulaseguro.com/sistemas-para-evitar-el-angulo-muerto/>. [Último acceso: 17 Julio 2015].
- [14] CONTINENTAL, «CONTINENTAL GLOBAL SITE,» [En línea]. Available: [http://www.continental-corporation.com/www/pressportal\\_com\\_en/themes/press\\_releases/3\\_auto\\_motive\\_group/interior/press\\_releases/pr\\_2013\\_02\\_07\\_driver\\_focus\\_en.html](http://www.continental-corporation.com/www/pressportal_com_en/themes/press_releases/3_auto_motive_group/interior/press_releases/pr_2013_02_07_driver_focus_en.html). [Último acceso: 12 Julio 2015].
- [15] Ford, «hipertextual,» 2 Diciembre 2014. [En línea]. Available: <http://hipertextual.com/presentado-por/ford/asi-funciona-sistema-pre-collision-assist-ford-mondeo>. [Último acceso: 17 Julio 2015].
- [16] «VOLVO,» 6 Marzo 2013. [En línea]. Available: <http://blog.tibermotorsur.es/?p=3855>. [Último acceso: 19 Julio 2015].
- [17] I. Mendoza, «MAFRE,» 18 Abril 2012. [En línea]. Available: <http://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/seguridad-vial/2134/volkswagen-detector-de-fatiga-bosch-de-serie>. [Último acceso: 12 Julio 2015].
- [18] M. A. Pérez, «mediatelecom,» 8 Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.mediatelecom.com.mx/index.php/tecnologia/hardware/item/87538-esta-tecnolog%C3%ADa-acabar%C3%A1-con-los-inconvenientes-de-la-conducci%C3%B3n-nocturna>. [Último acceso: 20 Julio 2015].
- [19] «google,» [En línea]. Available: <http://www.google.com/selfdrivingcar/how/>. [Último acceso: 25 Julio 2015].
- [20] «WAZE.com,» [En línea]. Available: <https://www.waze.com/es/about>. [Último acceso: 28 Julio 2015].
- [21] «AXA.es,» [En línea]. Available: <https://www.axa.es/servicios/moviles-axa-drive>. [Último acceso: 28 Julio 2015].



- [22] «IONROAD,» [En línea]. Available: <http://www.ionroad.com/>. [Último acceso: 8 Julio 2015].
- [23] BRUNOLOGO, «wayerless.com,» [En línea]. Available: <https://www.wayerless.com/2011/02/icarblackbox-convierte-tu-iphone-en-una-caja-negra-de-coche/>. [Último acceso: 30 Julio 2015].
- [24] «Google Play,» [En línea]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.prowl.torque&hl=es>. [Último acceso: 10 Julio 2015].
- [25] «EcuRed,» [En línea]. Available: [http://www.ecured.cu/index.php/IDE\\_de\\_Programaci%C3%B3n](http://www.ecured.cu/index.php/IDE_de_Programaci%C3%B3n). [Último acceso: 5 Agosto 2015].
- [26] D. Gallardo, «ibm.com,» 26 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <http://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/os-ecov/>. [Último acceso: 8 Agosto 2015].
- [27] «developer.android.com,» [En línea]. Available: <http://developer.android.com/tools/sdk/eclipse-adt.html>. [Último acceso: 3 Agosto 2015].
- [28] «OpenCV,» [En línea]. Available: <http://opencv.org/downloads.html>. [Último acceso: 2 Agosto 2015].
- [29] «opencv.org,» 21 Abril 2014. [En línea]. Available: [http://docs.opencv.org/2.4.9/modules/objdetect/doc/cascade\\_classification.html](http://docs.opencv.org/2.4.9/modules/objdetect/doc/cascade_classification.html). [Último acceso: 4 Agosto 2015].
- [30] J. F. López, «Procesamiento Digital de Imagenes,» 2 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://procesamientodigitalimagenes.wordpress.com/2012/11/02/transformada-hough/>. [Último acceso: 12 Agosto 2015].





# ANEXO

## INSTALACIÓN DE ECLIPSE Y ANDROID ADT

Para poder trabajar y crear aplicaciones Android con el programa Eclipse es necesario disponer de un ordenador con una versión Windows 7 o superior. Lo primero será instalar Java JDK (Java Development Kit) para ello habrá que dirigirse a:

<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index-jsp-138363.html#javasejdk>

y descargar JDK 7.

Después de instalar el paquete de Java, para completar la instalación habrá que crear una nueva variable de entorno en el ordenador, cuyo valor sea la ruta de acceso a la carpeta donde se halla instalado JDK y también habrá que modificar la variable de entorno ya existente PATH, para ello habrá que pinchar en la opción EDITAR y añadir “;%JAVA\_HOME%bin;” en su valor.

A continuación habrá que descargar el programa Eclipse, hay varias versiones que pueden servir, en mi caso he usado Eclipse Luna, que puede ser descargado en la siguiente dirección:

<https://eclipse.org/downloads/index.php>

Una vez instalado Eclipse correctamente en el ordenador, para poder realizar proyectos de Android, habrá que instalar unos determinados paquetes.

El primer paquete en instalar será el Android SDK, que es un conjunto de herramientas de desarrollo para Android. El instalador se descarga de forma gratuita en el siguiente enlace:

<http://developer.android.com/sdk/index.html>

El siguiente paso será instalar el Android ADT, que se descarga por medio del propio Eclipse, por ello habrá que abrir Eclipse. Allí se siguen los siguientes pasos:

Hay que pinchar en Ayuda → Instalar nuevo Software... → Add y se desplegará el siguiente cuadro:

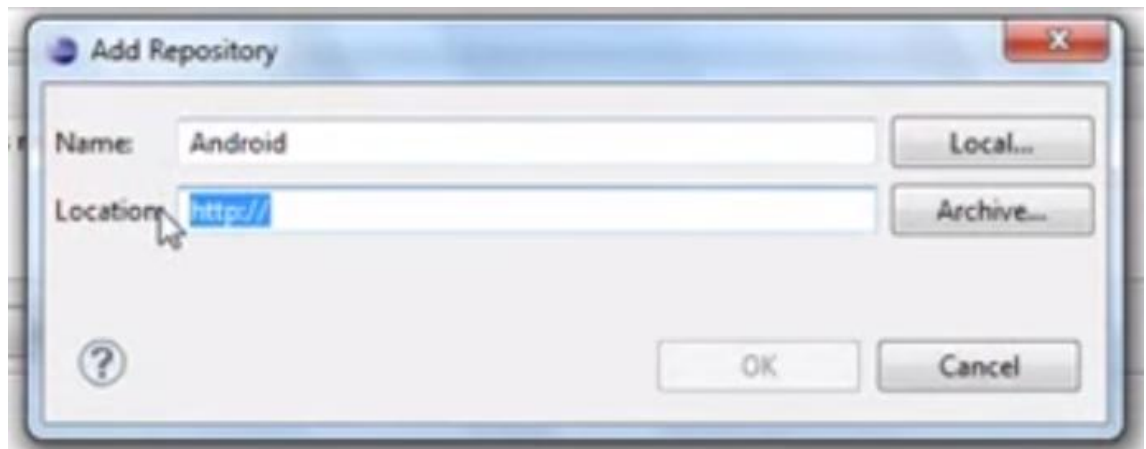


Ilustración 40 - Instalación ADT.

En el recuadro “Location” hay que introducir la siguiente dirección:

<https://dl-ssl.google.com/android/eclipse/>

Tras pinchar en OK, saldrán todos los paquetes de herramientas disponibles para la versión de Eclipse con la que se esté trabajando. Es recomendable seleccionar todas, y después de aceptar los términos y condiciones de uso, comenzará la instalación. Cuando finalice la instalación el programa se reiniciará.

Una vez reanudado el programa, queda instalar la API de Android con la que se quiera trabajar, eclipse emite automáticamente un mensaje para notificar al usuario y facilitando la instalación. En caso de que no aparezca este mensaje o que sea cerrado por el programador, los pasos a seguir son:

Window → Android SDK Manager → Seleccionar la API a instalar →

Install packages... → Accept All → Install.

Este proyecto se ha realizado con la API 22 que corresponde a la versión de Android 5.1.1, esto no quiere decir que la aplicación solo sea factible con dispositivos Android que tengan la versión 5.1.1, las nuevas API de Android son compatibles con las versiones anteriores, siempre que cumplan unos requisitos mínimos.

